



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

ENERGIATEHOKKUUS PIRKANMAAN ALUEEN PALVELURAKENNUKSISSA

Iida Päivömaa

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2016
Talotekniikan koulutusohjelma
LVI-tekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma
LVI-tekniikka

PÄIVÖMAA, IIDA:

Energiatehokkuus Pirkanmaan alueen palvelurakennuksissa

Opinnäytetyö 53 sivua, joista liitteitä 2 sivua
Maaliskuu 2016

Opinnäytetyö on toteutettu osana kolmivuotista Comprehensive development of nearly zero-energy municipal service buildings (COMBI)-hanketta. Hankkeessa tarkastellaan useista eri näkökulmista energiatehokkuuden parantamista lähes nollaenergiatasoon palvelurakennuksissa. Opinnäytetyössä on tarkasteltu kuuden hankkeessa mukana olevan kohteen energiatehokkuuksia. Tarkastelussa keskityttiin kohteiden lämmitysenergian kulutukseen ja vedenkulutukseen. Kulutustietoja verrattiin vastaavien rakennusten keskimääräisiin arvoihin Suomessa. Kaikki tarkastelukohteet sijaitsevat Pirkanmaalla.

Energiatehokkuuksien tarkastelussa oli tavoitteena selvittää syitä tarkastelukohteiden lämmitysenergian kulutusten sekä vedenkulutusten poikkeuksellisen korkeisiin arvoihin. Työ toteutettiin keräämällä tarkastelukohteiden vuoden 2015 kulutustiedot joko kohteiden automaatiojärjestelmistä tai kohteita palvelevilta lämpö- ja vesilaitoksilta. Kulutusten analysoinnin tukena käytettiin kohteiden huoltohenkilökunnalle ja käyttäjille toteutettuja haastatteluja.

Työn toteutusvaiheessa kävi ilmi, että kohteisiin valittujen teknisten ratkaisujen lisäksi myös käyttäjät vaikuttavat olennaisesti kohteen energiatehokkuuteen. Käyttäjätottumuksia muuttamalla voidaan vähentää vedenkulutusta, ja käyttäjille sopivilla lämmityksen säätimillä kyetään pienentämään lämmitysenergian kulutusta rakennuksissa.

Saaduista tuloksista voidaan huomata, että energiatehokkuus tarkastelluissa kohteissa on hyvällä tasolla. Nykyinen taso jää kuitenkin kauas lähes nollaenergiarakennuksille asetetuista tavoitteista. Tavoitteiden saavuttamiseksi tulisi tehdä enemmän tutkimustyötä uusiutuvien energialähteiden hyödyntämismahdollisuuksista palvelurakennuksissa. Lisäksi vedenkulutuksen mittaukseen palvelurakennuksissa tulisi kiinnittää enemmän huomiota.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Building services engineering
HVAC

PÄIVÖMAA, IIDA

Energy efficiency in municipal service buildings in Pirkanmaa region

Bachelor's thesis 53 pages, appendices 2 pages

March 2016

This thesis was executed as a part of three years long ‘Comprehensive development of nearly zero-energy municipal service buildings’ (COMBI)-project. In the project the ways to improve energy efficiency to nearly zero-energy building level in municipal service buildings are widely studied from different perspectives. This thesis studied energy consumptions in six different case buildings that are participating in the project. The study was carried out by focusing on heating energy consumptions and water consumptions in the case buildings. Consumptions were compared to the average values in Finland for each type of building. All the case buildings are located in the Pirkanmaa region in southern Finland.

The main goal of this thesis was to find reasons for above normal levels of heating energy consumption and water consumption in the case buildings. Research for this thesis was executed by collecting heating energy consumption and water consumption data from the year 2015 either from the automation systems or from the heating and water supply companies of the case buildings. In the data analysis interviews by the maintenance workers and users of the case buildings were also used.

During the work for the thesis it came out that not only the technical solutions but also the users of the case buildings are making an essential impact on the energy consumptions. By changing the everyday behavior of users and by choosing the most suitable heating controllers for them the water and heating consumptions can be decreased.

From the results of this thesis it can be found out that the heating energy consumption and water consumption in the case buildings are on a good level. However the reached level is far away from the target that has been set to the nearly zero-energy buildings. To reach out the given target there should be more research done about usage of renewable energy sources in municipal buildings. Also more effort should be put into the water consumption measurement in municipal buildings.

Key words: energy efficiency, municipal building, COMBI-project

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	ENERGIANKULUTUS RAKENNUKSISSA.....	8
2.1	Lämmitys	10
2.2	Jäähdytys.....	12
2.3	Käyttövesi	12
2.4	Ilmanvaihto	14
2.5	Muut.....	15
2.6	Energiakatselmus	15
2.7	Kulutustietojen normitus.....	17
2.8	Lämpökonduktanssi	19
3	TYÖN TOTEUTUS	20
4	CASE-KOhteiden ESITTELY	21
4.1	Kohde 1: Jukola	21
4.2	Kohde 2: Impivaara	21
4.3	Kohde 3: Luhtaan päiväkoti.....	22
4.4	Kohde 4: Toivion koulu	22
4.5	Kohde 5: Koivurinteen päiväkoti ja koulu.....	23
4.6	Kohde 6: Puropuiston päiväkoti	24
4.7	Yhteenveto kohteista.....	24
5	CASE-KOhteiden KULUTUSSEURANTA	25
5.1	Kohde 1: Jukola	25
5.2	Kohde 2: Impivaara	25
5.3	Kohde 3: Luhtaan päiväkoti.....	25
5.4	Kohde 4: Toivion koulu	26
5.5	Kohde 5: Koivurinteen päiväkoti ja koulu.....	26
5.6	Kohde 6: Puropuiston päiväkoti	27
6	CASE-KOhteiden KULUTUSTIEDOT	28
6.1	Kohde 1: Jukola	28
6.2	Kohde 2: Impivaara	30
6.3	Kohde 3: Luhtaan päiväkoti.....	32
6.4	Kohde 4: Toivion koulu	34
6.5	Kohde 5: Koivurinteen päiväkoti ja koulu.....	35
6.6	Kohde 6: Puropuiston päiväkoti	37
7	KULUTUSTEN ANALYSOINTI	40
7.1	Kohde 1: Jukola	40
7.2	Kohde 2: Impivaara	41

7.3 Kohde 3: Luhtaan päiväkot.....	42
7.4 Kohde 4: Toivion koulu	44
7.5 Kohde 5: Koivurinteen päiväkot ja koulu.....	46
7.6 Kohde 6: Puropuiston päiväkot	48
8 POHDINTA.....	49
LÄHTEET.....	51
LIITTEET	52
Liite 1. Lämpöenergian vuosittaisia rakennustyyppikohtaisia ominaiskulutuksia (kWh/r-m ³) raportoidussa palvelusektorin rakennuskannassa.....	52
Liite 2. Vedenkulutuksen vuosittaisia rakennustyyppikohtaisia ominaiskulutuksia (dm ³ /r-m ³) raportoidussa palvelusektorin rakennuskannassa.....	53

LYHENTEET JA TERMIT

SFP-luku	ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho
KTM	kauppa- ja teollisuusministeriö
RES	real estate system, toiminnanohjausjärjestelmä
MWh	energian yksikkö, wattitunnin kerrannainen
r-m ³	kohteen rakennustilavuus
VAK	kiinteistön valvomoalakeskus

1 JOHDANTO

Rakennusten energiankulutusten hallinta kasvattaa jatkuvasti merkitystään. Varsinkin Euroopan Unionin alueella yhteiset asetetut direktiivit ohjaavat rakentamista yhä energiatehokkaammaksi. Yksi asetetuista direktiiveistä on rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (EPBD) joka edellyttää, että vuoden 2019 alusta kaikki uudet palvelurakennukset tulisi toteuttaa nykyisiä säädöksiä huomattavasti pienemmällä energiankulutuksella, niin sanottuina nollaenergiarakennuksina. Nollaenergiarakentamista lähestyttäessä yhä pienemmillä osatekijöillä on merkitystä, joka aiheuttaa haasteita tavoitteiden saavuttamiselle.

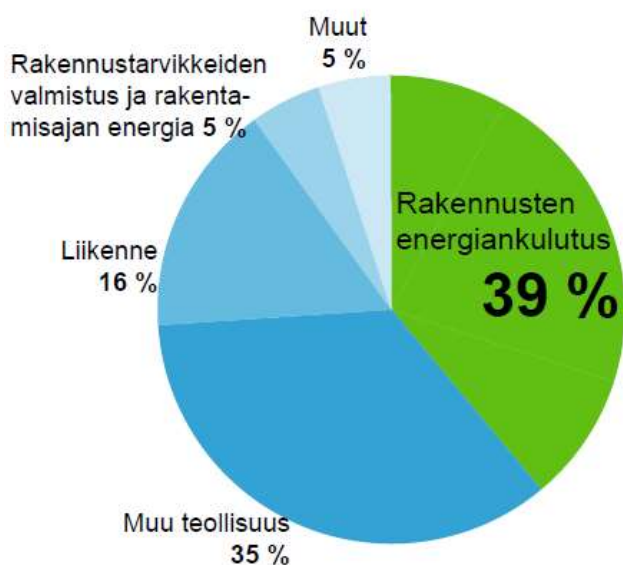
Uusien palvelurakennusten lisäksi energiatehokkuutta pyritään parantamaan myös olemassa olevissa rakennuksissa. Käytössä olevien rakennusten energiankuluksia tarkasteltaessa päästään syvempään kulutusanalyysiin, sillä valittujen teknisten ratkaisujen rinnalle tekijäksi tulee rakennuksen käyttäjät ja ylläpitäjät. Olemassa olevista rakennuksista saatava tieto on arvokasta uudisrakentamiselle niin järjestelmien sopivuuden kannalta, kuin rakennuksen käyttöä koskevan ohjeistuksen osalta.

Tämän opinnäytetyön innoittajana toimi Tampereen kaupungin vuonna 2014 päättyneen Tampereen alueen palvelurakennukset energiatehokkaiksi (TAPRE)-hankkeen jatkohanke Comprehensive development of nearly zero-energy municipal service buildings (COMBI). COMBI-hankkeen yhtenä tavoitteena on parantaa olemassa olevien palvelurakennusten energiatehokkuutta niin, että rakennukset täyttävät niille asetetut vaatimukset ja tavoitteet niin teknillisesti, kuin käyttäjäystävällisyyden, sekä ympäristönkin kannalta.

Opinnäytetyössä vertaillaan ja analysoidaan valittujen Pirkanmaan alueen case-kohteiden lämmitysenergian, sekä käyttöveden kulutuksia. Kulutusten vertailu tapahtuu kutakin kohdetta vastaavien rakennusten saatavilla oleviin tietoihin. Työn tavoitteena on löytää teknisiä ja käytöstä johtuvia syitä poikkeuksellisiin kulutuksiin, sekä kulutuksia pienentäviä tekijöitä. Saatuja tuloksia voidaan hyödyntää palvelurakennusten energiatehokkuuden parantamiseksi niihin valittavien teknisten ratkaisuiden, sekä ylläpidon osalta.

2 ENERGIAANKULUTUS RAKENNUKSISSA

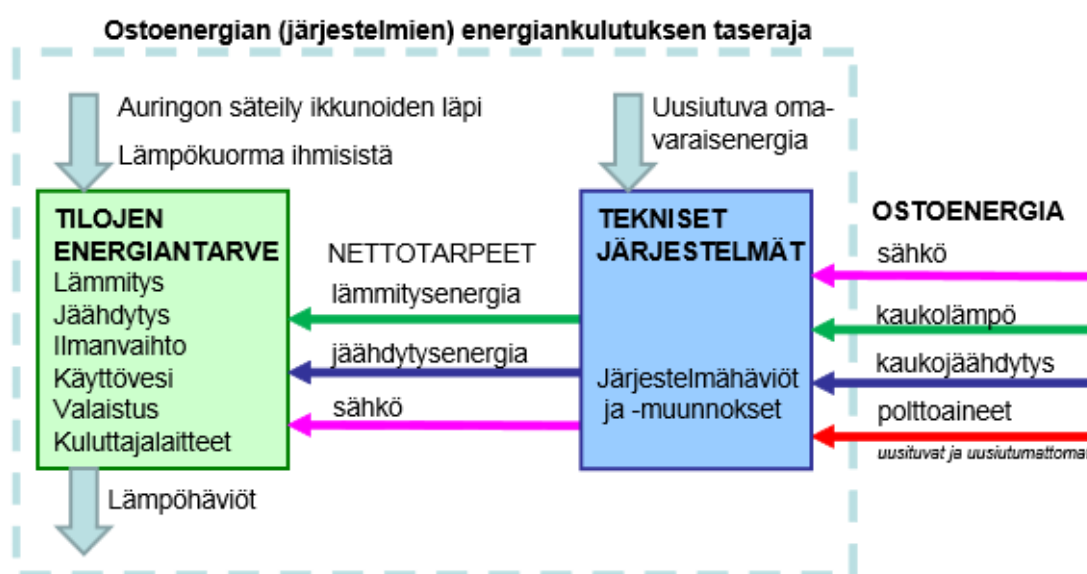
Rakennusten energiankulutuksen osuus tuotetun energian loppukäytöstä on suurin niin Suomessa, kuin Euroopassakin. Tämän johdosta energiansäästöpainheet kohdistuvat pitkälti rakennusalaan. Suomessa rakennusten osuus on noin 38 % rakennetun ympäristön ja noin 39 % primäärienergian kokonaiskulutuksesta, kuten alla olevasta kuviosta (kuvio 1) voidaan nähdä. (Sitra, 2010, 12.) Euroopan mittakaavassa lukemat ovat likimain samoja, primäärienergian kokonaiskulutuksesta noin 40 % kuluu rakennuksissa (Moss, 2006, 2).



KUVIO 1. Energiankulutuksen jakautuminen Suomessa (Laitinen, 2010, 21; RYL2009)

Vuonna 2010 Euroopan Unionin asettaman rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (2010/31/EU) tavoitteena on vähentää Euroopan hiilidioksidipäästöjä tehostamalla rakennusten energiatehokkuutta. Yhtenä direktiivin pääalueena on rakentamista vahvasti ohjaava energiatodistus. Energiatodistus on laskennallinen menetelmä, josta käy ilmi missä ja paljonko rakennuksessa kuluu energiaa ja mikä on sen ostoenergiantarve. Uusissa ja olemassa olevissa rakennuksissa käytetään molemmissa laskennallisia kulutuksia energiatodistuksen arvoina. Laskennan lopussa rakennus sijoitetaan tulosten perusteella energiatehokkuusluokkaan. Uudisrakennusten on saavutettava niiden käyttötarkoitusta vastaava luokka ennen kuin niitä voidaan toteuttaa. Energiatodistus mahdollistaa sen, että uudet rakennukset tullaan toteuttamaan energiatehokkaalla tavalla. Olemassa olevien rakennusten energiatodistuksista nähdään rakennusten mahdolliset energiansäästöpotentiaalit. (Motiva Oy).

Rakennuksen kokonaisenergiankulutuksen tarkastelu sisältää tilojen, sekä ilmanvaihdon lämmitystarpeen, käyttöveden lämmitystarpeen, valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähköenergian tarpeen, sekä tilojen ja ilmanvaihdon jäähdytystarpeen. Tarkastelussa otetaan huomioon ulkoilman lämpötilan vaikutukset, järjestelmien käyttö- ja käyntiajat, sisäilmasto-olosuhteet, sekä rakennuksen normaalikäytön sisäiset lämpökuormat. (RakMK D5, 2012, 12.) Karkeasti jaettuna energiankulutusten osuudet rakennuksessa ovat: lämmitys ja jäähdytys 55 %, käyttövesi 34 % ja sähköiset järjestelmät 11 % (Moss, 2006, 2). Alla olevassa kuvassa on esitetty mistä rakennukseen ostettavan energian kulutus koostuu (RakMK D3, 2012, 3).



KUVA 1. Tilojen energiatase (RakMK D3, 2012, 3)

Toteutettavissa rakennuksissa energiankulutuksen merkitys nousee esille rakennusten sekä niiden järjestelmien suunnittelussa. Nykyaikana suunnittelijoilla tulisi olla kokonaisvaltainen käsitys valitsemiensa toteutusten vaikutuksesta rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen. Olemassa olevien rakennusten kulutukseen taas vaikuttavat pitkälti rakennusten käyttäjät, sekä huoltohenkilökunnan toiminta. (Moss, 2016, 2).

Tämän luvun seuraavissa alaotsikoissa on käyty läpi tarkemmin energiankulutuksen koostumuksen eri osa-alueita ja niiden laskentaa. Joissakin alaotsikoissa on myös nostettu esiin muutamia toimia joilla käyttäjät voivat pienentää kulutuksia palvelurakennuksissa. Kahdessa viimeisessä alaotsikossa (2.7 ja 2.8) on esitetty työssä käytettyjä laskentoja.

2.1 Lämmitys

Lämmityksen nettotarve rakennuksessa kattaa tilojen, sekä ilmanvaihdon lämmitysenergiantarpeen. Tilojen lämmitysenergiantarpeella tarkoitetaan johtumis- ja vuotohäviöitä rakennuksen vaipan läpi. Ilmanvaihdon lämmitysenergiantarpeella tarkoitetaan tuloilman, sekä vuoto- ja korvausilman lämmitystä. Lämmitysenergiantarpeesta poistetaan laskennassa tilan sisäiset kuormat, joita voivat olla ihmiset, valaistus, sekä erilaiset laitteistot. (RakMK D5, 2012, 15.)

Lämmityksen kokonaisnettotarve saadaan laskettua alla esitetyllä kaavalla (1) (RakMK D5, 2012, 15). Energiaa kuluu lämmitysjärjestelmästä riippuen myös erilaisten pumppujen, puhaltimien, kompressoreiden ja säätölaitteiden toiminnassa, sekä putkistojen lämpöhäviöissä (Energiakatselmoijan käsikirja, 2002-2004, 6,10).

$$Q_{\text{lämmitys, netto}} = Q_{\text{joht}} + Q_{\text{vuoto}} + Q_{\text{korvaus}} + Q_{\text{iv}} - Q_{\text{sis.lämpö}} \quad (1)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys, netto}}$ = tilojen lämmitysenergian nettotarve, kWh

Q_{joht} = johtumislämpöhäviöt rakennusvaipan läpi, kWh

Q_{vuoto} = vuotoilman lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh

Q_{korvaus} = korvausilman lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh

Q_{iv} = tuloilman lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh

$Q_{\text{sis.lämpö}}$ = lämmityksessä hyödynnettävät lämpökuormat, kWh

Rakennusvaipan läpi johtuvan lämpöenergian määrään vaikuttaa rakennusmateriaalien U-arvot, niiden pinta-ala, sekä lämpötilaero sisä- ja ulkolämpötilan välillä. Paremmat U-arvon omaavat rakennusmateriaalit, sekä korkeampi ulkolämpötila estävät lämmön karkaamista pois rakennuksesta. Vuotoilman energiankulutukseen vaikuttaa rakennuksen tiiveys, sekä ulkoilman lämpötila. Mitä enemmän ja mitä kylmempää vuotoilmaa pääsee rakennukseen, sitä enemmän sitä pitää lämmittää. Myös tuloilman lämmitysenergiantarpeessa määrä ja lämpötila ratkaisevat. (RakMK D5, 2012, 16, 19.)

Rakennukseen tulevia, sekä sieltä lähteviä lämpöenergiamääriä voidaan kuvata lämpöenergiataseella. Taseesta käy ilmi kuinka paljon rakennuksen eri rakennusosien kautta poistuu lämpöenergiaa prosentuaalisesti. Tyypillisissä 1960-80-lukujen

rakennuksissa suurin osa lämmitysenergiasta poistuu ilmanvaihdon kautta (kuva 2). Lämmityksen mahdollisia energiansäästötoimenpiteitä pohdittaessa rakennuksesta tehty lämpöenergiatase toimii hyvänä työkaluna, sillä sen avulla nähdään missä suurimmat säästöpotentiaalit sijaitsevat. (Virta & Pylsy, 2011, 18.)



KUVA 2. Tyypillinen lämpöenergiatase 1960-80-lukujen rakennuksissa (Virta & Pylsy, 2011, 19)

Rakennuksen käyttäjät voivat vaikuttaa lämmitykseen kuluvaan energiaan tarkkailemalla huoneiden lämpötiloja. Aistinvarainen lämpötilan tarkkailu ei aina ole paras mahdollinen keino, sillä ihmisten lämpöaistimukset vaihtelevat suuresti. Ihanteellinen huonelämpötila sijoittuu 20-22 °C:een tuntumaan ja sitä olisi hyvä tarkkailla tiloihin sijoitetuilla lämpömittareilla. Liian korkea lämpötila kuluttaa turhaan energiaa, sekä aiheuttaa väsymystä ja erilaisia hengitystieoireita käyttäjillä. Alentamalla lämmitystä yhdellä asteella säästetään noin 5 % lämmityskustannuksissa. Liian alhainen lämpötila aiheuttaa taas vedontunnetta ja kylmyyttä. Korkeista, tai matalista lämpötiloista tulisi raportoida rakennuksen huoltoyhtiölle, sillä vääränlaiset lämpötilat kertovat lämmitysjärjestelmän toimimattomuudesta, tai huonosta säädöstä. (Virta & Pylsy, 2011, 38).

2.2 Jäähdytys

Rakennuksen jäähdytysjärjestelmän energia kuluu jäähdytysenergian tuottoon, sekä apulaitteiden sähköenergian kulutukseen. Jäähdytystä voidaan käyttää ilmanvaihdon yhteydessä, tai erillisillä lämmönsiirtonesteillä toimivilla järjestelmillä. Jäähdytysenergian tarpeeseen on olemassa laskennallisia kaavoja, mutta niiden monimutkaisuuden, sekä useiden tekijöiden vaikutuksen vuoksi laskennassa käytetään yleisesti eri laskenta- ja simulointiohjelmia. (RakMK D5, 2013, 55.)

Käyttäjät voivat vaikuttaa mahdollisen jäähdytysjärjestelmän energiankulutukseen yksinkertaisilla toimilla. Kesällä, jolloin jäähdytykselle on tarvetta, voidaan estää turhan lämpimän ilman siirtymisen sisätiloihin pitämällä ikkunoita ja ulko-ovia kiinni, sekä sulkemalla sälekaihtimia, tai avaamalla markiiseja ikkunoiden suojiksi. Rakennusten sisäisten lämpökuormien vähentäminen, kuten erilaisten elektroniikkalaitteiden sammuttaminen tarpeettomina pienentää osaltaan jäähdytyksen tarvetta. Rakennusten tuuletus tulisi hoitaa kesäisin ilta-aikaan, tai ilmanvaihdon yötuuletustoimintoa hyödyntäen. (Motiva Oy.)

2.3 Käyttövesi

Käyttöveden energiankulutus koostuu enimmäkseen lämpimän käyttöveden tuotosta. Energiaa kuluu myös järjestelmästä riippuen muun muassa varastoinnin ja lämpimän kiertoveden putkiston lämpöhäviöihin, kiertovesipumppuihin, sekä lämmöntuoton säätölaitteisiin. (Energiakatselmoijan käsikirja, 2002-2004, 19.)

Lämpimän käyttöveden lämmitysenergiankulutuksen osuus kokonaiskäyttöveden energiankulutuksesta saadaan arvioitua laskemalla tai taulukkoarvoja käyttäen, jos sitä ei ole kiinteistössä erikseen mitattu. palvelurakennuksille eri arviointitapoja on kaksi, joista sopivampi valitaan kohteesta saatavilla olevien tietojen mukaan. Ensimmäisessä arviointitavassa kerrotaan kulutetun lämpimän käyttöveden määrä veden lämmittämiseen tarvittavalla energiamäärällä alla esitetyn yhtälön (2) mukaisesti. (Motiva Oy.)

$$Q_{lvk} = 58 * V_{lvk} \quad (2)$$

jossa

Q_{lvk} = lämpimän käyttöveden energiankulutus, kWh/a

58 = veden lämmitämiseen tarvittava energiamäärä kuutiota kohden, kWh/m³

V_{lk} = lämpimän käyttöveden määrä, m³/a

Jos lämpimän käyttöveden määrä ei ole tiedossa, arvioidaan sen olevan palvelurakennuksissa 30 % kokonaisvedenkulutuksesta. Toista energiankulutuksen arviointitapaa käytetään, jos rakennuksen vedenkulutus ei ole tiedossa. Arviointitavassa käytetään kulloinkin kyseessä olevan rakennuksen taulukoitua arvoa (taulukko 1) kerrottuna rakennuksen bruttoalalla. (Motiva Oy.)

TAULUKKO 1. Lämpimän käyttöveden kulutuksen oletusarvot (Motiva Oy)

Rakennustyyppi	Lämpimän veden kulutus rakennuksen bruttoalaa kohti, $V_{lvk,omin}$ (dm ³ /brm ² /vuosi)
Toimistorakennus	100
Terveystieteiden tutkimuskeskus	520
Päiväkoti	460
Teatteri ja kirjasto	120
Uimahalli	1 800
Opetusrakennus	180
Myymäla	65
Muut rakennukset	100

Palvelurakennuksissa käytöväettä kuluu tyypillisesti keittiöissä, sekä sosiaalitiloissa, suurimmat kulutuskomponentit ovat WC-tilat. Pienempiä kulutuskohteita voivat olla myös ilman kostutukseen, sekä kastelu- ja pesutarkoituksiin käytettävä vesi. Rakennuksen käyttötarkoituksesta riippuen vedenkulutus saattaa pienentyä lomakausien aikana. (Energiakatselmoijan käsikirja, 2002-2004, 19.)

Käyttöveden kulutuksen määrään voidaan vaikuttaa helpoiten seuraamalla ja muuttamalla käyttäjien tottumuksia. Käyttäjille olisi hyvä ilmoittaa tietyin väliajoin rakennuksen vedenkulutuksen määrä, sekä miten he voivat toiminnallaan vaikuttaa siihen. Toinen käyttöveden energiankulutukseen vaikuttava asia on vesikalusteiden ikä ja kunto, johon käyttäjät voivat vaikuttaa päivittäisellä tarkkailulla, sekä raportoimalla havaitsemistaan vuodoista huoltoyhtiölle. (Virta & Pylsy, 2011, 35.)

2.4 Ilmanvaihto

Ilmanvaihtojärjestelmien energiankulutus koostuu tuloilman lämmityksen lisäksi ilmanvaihtokoneen puhaltimien sähkönkulutuksesta, sekä mahdollisten apulaitteiden, kuten taajuusmuuntajien sähkönkulutuksesta. Energiankulutusten tarkastelussa tuloilman lämmitys huomioidaan rakennuksen lämmitysenergiassa, josta se saattaa kohteesta riippuen olla hankalasti eroteltavissa. (RakMK D5, 2013, 12.)

Tuloilman lämmitykseen kuluvan energian määrään vaikuttavat kohteen rakennustyyppi, sekä valittu ilmanvaihtoratkaisu. Kohteesta riippuen ilman lämmityksen osuus rakennuksen kokonaislämmitysenergiasta on 20-80 %. (Energiakatselmoijan käsikirja, 2002-2004, 25.) Osuutta voidaan arvioida laskemalla lämmitykseen kuluvan lämpöenergian määrä alla esitetyn kaavan (3) mukaan, mutta todellisuudessa kulutukseen vaikuttavat useammat tekijät, kuten ilmastointikoneen käyntiajat (RakMK D5, 2013, 53). Energiantarvetta saadaan pienennettyä järjestelmän lämmön talteenotolla, jonka avulla palvelurakennuksissa saadaan uudelleen hyödynnettyä vuositasolla noin 50 % tuloilman lämmitykseen kuluvasta energiasta (Energiakatselmoijan käsikirja, 2002-2004, 30).

$$\dot{Q} = \rho_i * c_i * q_v * (1 - \eta_p) * (T_s - T_{u,mit}) \quad (3)$$

jossa

\dot{Q} = ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho, W

ρ_i = ilman tiheys, 1,2 kg/m³

c_i = ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kgK)

q_v = tuloilmavirta, m³/s

η_p = lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhde mitoitusoloissa

T_s = sisäilman lämpötila, °C

$T_{u,mit}$ = mitoittava ulkoilman lämpötila, °C

Ilmanvaihtokoneen puhaltimen sähköenergiankulutus riippuu useista tekijöistä, kuten kokonaisjärjestelmän painehäviöstä, kanaviston likaisuudesta, säätötavasta, sekä puhaltimen toimintapisteestä ja mitoituksesta (Energiakatselmoijan käsikirja, 2002-2004, 30). Koko ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutusta kuvataan SFP-luvulla,

joka ilmaisee kaikkien puhaltimien, taajuusmuuttajien ja muiden järjestelmän tehonsäätölaitteiden yhteenlaskettua sähkötehoa jaettuna mitoitettulla jäte- tai ulkoilmavirralla. Ilmanvaihtojärjestelmän SFP-luku ei saa nykyisillä määräyksillä ylittää arvoa $2,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$. (RakMK D3, 2012,4).

Palvelurakennuksissa käyttäjät voivat vaikuttaa ilmanvaihdon energiankulutukseen käyttämällä oikein mahdollisia säätölaitteita, sekä aistinvaraisella tarkkailulla. Jos ilmanvaihtoa on mahdollisuus kohteessa käyttää esimerkiksi tehostetusti, tulisi tehostuksen olla päällä vain tarvittavan ajan. Jokainen käyttäjä voi tarkastella ilman laatua aistinvaraisesti, sekä raportoida sen puutteista, kuten hajuista tai kosteudesta huoltoyhtiölle. Vikaraportit saattavat johtaa energiankulutusta pienentäviin toimiin, kuten suodatinten vaihtoon. (Virta & Pylsy, 2011, 39.)

2.5 Muut

Rakennuksen muu energiankulutus koostuu kuluttajalaitteiden, valaistuksen, sekä mahdollisten muiden sähköisten järjestelmien kulutuksista. Kulutusten arviointeihin on rakennuksesta riippuen olemassa useita eri laskennallisia tapoja, sekä taulukoituja keskimääräisiä kulutusarvoja. (RakMK D5, 2013, 26).

Kuluttajalaitteiden energiankulutukseen palvelurakennuksissa voidaan vaikuttaa muuttamalla käyttäjien tottumuksia, sekä antamalla tietoa eri laitteiden kulutuksista. Käyttäjien olisi hyvä opetella sammuttamaan tarpeettomat laitteet ja valaistus, sekä tiedostamaan yllättäviäkin kuluttajia, kuten laitteiden valmiustilat. (Laitinen, 2010, 134.)

2.6 Energiakatselmus

Energiakatselmus on selvitys, jossa käy ilmi kokonaisvaltaisesti olemassa olevan rakennuksen energiankäyttö, sekä energiansäästöpotentiaalit. Energiakatselmoijan käsikirjan mukaan tarkka määritelmä energiankatselmukselle on ”asiantuntijoiden suorittama perusteellinen kartoitus rakennuksen ja tuotantoprosessin energian ja veden käytöstä sekä kaikista kannattavista säästömahdollisuuksista ja uusiutuvien energiamuotojen käyttömahdollisuuksista”. (Energiakatselmoijan käsikirja, 2002-2004, 1.) Katselmuksen tavoitteena on tuottaa asiakkaalle kattava analyysi sisältäen

ehdotukset rakennuksen energiansäästötoimenpiteistä kustannusarvioineen, sekä selvitys niiden vaikutuksista hiilidioksidipäästöihin (Motiva Oy).

Ammattitaitoisen energiakatselmoijan tekemä katselmointi on hyvä työkalu olemassa olevien rakennusten energiatehokkuuden parantamiseksi. Tuloksena saatava katselmointiraportti antaa asiakkaalle kattavan tiedon toiminnan parantamiseksi, sekä tehostamiseksi. Usein jo esittämällä pienempiä osa-alueita kokonaiskatselmuksesta voidaan rakennuksen käyttäjien toimintaa ohjata energiatehokkaampaan suuntaan, sillä se tuo konkreettisuutta esimerkiksi energiankäytön jakautumiseen. (Energiakatselmoijan käsikirja, 2002-2004, 1.) Kauppa- ja teollisuusministeriö (KTM), sekä Motiva Oy ovat vastuussa energiakatselmointien kehityksestä, koordinoinnista ja seurannasta (Motiva Oy).

Palvelurakennusten energiakatselmuksiin on mahdollista hakea tukirahoja, joita KTM myöntää vuosittain. Vuosien 1992-2013 aikana energiakatselmus toteutettiin yli 5600 palvelurakennukseen kunnallinen, sekä yksityinen sektori yhteenlaskettuna. Palvelurakennusten keskimääräisestä energiansäästöpotentialista on kerätty tuloksia vuosien 2008-2013 aikana. Alla olevassa taulukossa (taulukko 2) on esitetty yhteenveto 1289 katselmuskohteen kokonaiskulutuksesta, -kustannuksista, -säästöpotentialista, sekä investoinneista kuntasektorin, sekä yksityisen sektorin palvelurakennuksissa. On arvioitu, että kokonaisuudessaan palvelurakennusten säästöpotentialista toteutuu noin 60 %. (Motiva Oy.)

TAULUKKO 2. Palvelusektorin säästöpotentiali (Motiva Oy)

Nykyinen kulutus	PALVELUSEKTORI		
1289	Säästöpotentiali 2008-2013		
Lämpöenergia			
1 181 704 MWh/a	190 727 MWh/a	16,1 %	
56 875 600 €/a	9 250 909 €/a	16,3 %	
Sähköenergia			
1 396 423 MWh/a	72 822 MWh/a	5,2 %	
70 157 325 €/a	6 315 608 €/a	9, %	
Vedenkulutus			
3 851 572 m ³ /a	252 294 m ³ /a	6,6 %	
10 139 118 €/a	618 391 €/a	6,1 %	
Kulutukset yhteensä	Säästöt yhteensä		Investoinnit yhteensä
137 172 043 €/a	16 184 909 €/a	11,8 %	41 057 361 €

2.7 Kulutustietojen normitus

Kulutustietojen normitus tarkoittaa sään vaikutuksen poistamista kulutustiedoista. Lämmitysenergian kulutus rakennuksissa on suoraan verrannollinen ulkoilman lämpötilaan, jolloin eri päivien kulutukset eivät ole vertailukelpoisia. Normituksen avulla päästään vertailemaan rakennuksen eri aikavälien kulutuksia keskenään, sekä kulutusta eri paikkakunnilla sijaitseviin rakennuksiin. Käyttöveden lämmitykseen kuluvaa osuutta ei oteta huomioon normituksessa, sillä se ei ole riippuvainen sääolosuhteista. Normituksen peruskaavalla (4) saadaan muutettua rakennuksen lämmitysenergiankulutukset keskenään vertailukelpoisiksi eri ajankohtina. Eri paikkakunnilla sijaitsevien rakennusten normitus keskenään vertailukelpoisiksi tapahtuu alla esitetyllä kaavalla (5). (Motiva Oy.)

$$Q_{norm} = \frac{S_{N,vpkunta}}{S_{toteutunut,vpkunta}} * Q_{toteutunut} + Q_{lämmin käyttövesi} \quad (4)$$

jossa

Q_{norm} = rakennuksen normitettu lämmitysenergiankulutus, kWh

$S_{N,vpkunta}$ = normaalivuoden lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla, °Cvrk

$S_{toteutunut,vpkunta}$ = toteutunut lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla, °Cvrk

$Q_{toteutunut}$ = rakennuksen tilojen lämmitykseen kulunut energia, kWh

$Q_{lämmin käyttövesi}$ = rakennuksen käyttöveden lämmitykseen kulunut energia, kWh

$$Q_{norm} = k_1 * \frac{S_{N,vpkunta}}{S_{toteutunut,vpkunta}} * Q_{toteutunut} + Q_{lämmin käyttövesi} \quad (5)$$

jossa

Q_{norm} = rakennuksen normitettu lämmitysenergiankulutus, kWh

k_1 = paikkakuntakohtainen korjauskerroin vertailupaikkakuntaan

$S_{N,vpkunta}$ = normaalivuoden lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla, °Cvrk

$S_{toteutunut,vpkunta}$ = toteutunut lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla, °Cvrk

$Q_{toteutunut}$ = rakennuksen tilojen lämmitykseen kulunut energia, kWh

$Q_{lämmin käyttövesi}$ = rakennuksen käyttöveden lämmitykseen kulunut energia, kWh

Laskennassa käytettävät lämmitystarveluvut koostuvat vuoden joka päivän yhteenlasketuista sisä- ja ulkolämpötilojen erotuksista. Laskennassa ei huomioida lämmityskauden ulkopuolisia päiviä, jotka rajoittuvat keväällä +10 °C:seen ja syksyllä +12 °C:seen. Kylmempi vuosi tarkoittaa suurempaa lämmitystarvelukua. (Motiva Oy.) Alla (taulukko 3) on esitetty vuoden 2015, sekä normaalivuoden tarkasteluajanjakson (1981-2010) lämmitystarveluvut.

TAULUKKO 3. Vuoden 2015 lämmitystarveluvut (Ilmatieteen laitos, 2016)

Lämmitystarveluvut 2015 (°Cvrk)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Vuosi
Maarianhamina	485	433	453	349	213	0	0	0	64	325	349	412	3083
Vantaa	589	478	471	350	143	0	0	0	44	355	372	461	3263
Helsinki	555	451	454	350	190	0	0	0	30	321	343	424	3118
Pori	578	470	470	364	149	7	0	0	71	353	379	447	3288
Turku	554	466	466	356	168	0	0	0	86	368	377	443	3284
Tampere	632	507	501	380	179	15	0	0	124	387	408	486	3619
Lahti	640	512	509	373	188	15	0	5	117	412	401	490	3662
Lappeenranta	674	524	505	388	184	8	5	0	70	390	431	505	3684
Jyväskylä	727	535	541	407	197	38	11	5	161	402	428	523	3975
Vaasa	630	486	493	388	215	0	0	0	92	350	396	496	3546
Kuopio	748	538	533	412	185	15	5	0	90	379	436	540	3881
Joensuu	776	556	550	430	185	15	23	0	107	401	468	560	4071
Kajaani	803	575	549	439	212	57	34	12	154	413	473	606	4327
Oulu	757	538	533	416	212	42	16	0	148	412	443	602	4119
Sodankylä	964	658	599	484	301	138	110	40	219	509	586	803	5411
Ivalo	986	665	596	482	324	160	159	79	220	505	586	775	5537

TAULUKKO 4. Vertailukauden lämmitystarveluvut (Ilmatieteen laitos, 2014)

Lämmitystarveluvut vertailukaudella 1981-2010

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Vuosi
Maarianhamina	592	567	551	406	216	34	3	17	135	308	432	542	3803
Vantaa	682	640	586	376	146	16	2	21	158	348	497	625	4097
Helsinki	647	612	566	383	153	11	1	12	125	316	464	588	3878
Pori	677	633	585	389	181	26	3	25	171	352	497	622	4161
Turku	663	625	575	377	161	19	2	18	149	338	486	608	4021
Tampere	724	675	612	400	176	28	5	34	192	382	529	667	4424
Lahti	726	677	610	395	159	20	4	31	191	383	528	668	4392
Lappeenranta	759	699	621	403	165	22	5	28	184	386	546	692	4510
Jyväskylä	785	721	646	440	206	40	10	56	227	414	569	718	4832
Vaasa	719	666	619	424	214	29	5	35	192	377	526	663	4469
Kuopio	812	741	653	445	198	31	7	38	194	400	571	735	4825
Joensuu	826	753	665	456	216	39	10	47	215	416	589	752	4984
Kajaani	864	777	695	479	251	57	17	75	245	441	618	785	5304
Oulu	824	742	677	465	249	47	9	55	224	423	593	749	5057
Sodankylä	946	838	760	548	345	106	49	136	316	523	722	891	6180
Ivalo	923	819	755	557	377	146	69	147	318	523	722	875	6231

2.8 Lämpökonduktanssi

Rakennusten toimivuutta lämmitysenergian suhteen voidaan tarkastella lämpökonduktanssilla. Lämpökonduktanssi kertoo rakennuksen kuluttaman lämpöenergian suhteen sisä- ja ulkolämpötilojen erotukseen. Eri lämmityskausien lasketut lämpökonduktanssit tulisi rakennuksessa olla likimain saman suuruiset. Vaihtelevat kondutanssin arvot voivat olla merkki lämmitysjärjestelmän toimimattomuudesta, tai rakennuksen muuttuneesta käytöstä. Lämpökonduktanssi lasketaan alla esitetyllä kaavalla (6). (Seppänen, 2011, 35.)

$$G = \frac{\varnothing}{\Delta T} \quad (6)$$

jossa

G = lämpökonduktanssi, W/K

\varnothing = rakennuksen lämmitysteho, W

ΔT = sisä- ja ulkolämpötilojen erotus, K

Edellisessä alaotsikossa (2.7) on esitetty eri kuukausien lämmitystarvelukuja. Koska lämmitystarveluku kertoo suoraan eri kuukausien sisä- ja ulkolämpötilojen erotuksen, voidaan lämpökonduktanssi laskea jakamalla rakennuksen käyttämä lämmitysenergia lämmitystarveluvulla alla esitetyn kaavan (7) mukaisesti.

$$G = \frac{Q}{S_N * 24h} \quad (7)$$

jossa

G = lämpökonduktanssi, W/K

Q = rakennuksen lämmitysenergia, Wh

S_N = laskenta-ajanjakson lämmitystarveluku, °Cvrk

$24h$ = yksikkömuunnoksen kerroin

3 TYÖN TOTEUTUS

Työ toteutettiin pääsääntöisesti case-kohteista kerättyjen kulutustietojen, sekä saatujen teknisten dokumenttien avulla. Kulutustiedot saatiin joko suoraan kohteista, tai niitä palvelevilta energia- ja vesiyhtiöiltä. Tekniset dokumentit kerättiin suoraan eri kuntien teknisiltä palvelukeskuksilta.

Toteutuksessa hyödynnettiin myös kohteiden käyttäjille, sekä ylläpidolle tehtyjen haastatteluiden tuloksia, sekä kohdekäyntejä. Nämä tiedot tulivat käyttöön kulutusten analysointiosuudessa.

Case-kohteiden vertailtavina kulutustietoina käytettiin kunkin kohteen vuoden 2015 lämmitysenergian, sekä käyttöveden kulutuksia. Niissä kohteissa, joista ei ollut saatavilla tarkkoja kulutustietoja, on käytetty laskennallisin menetelmin saatuja arvioita.

Kulutustietojen vertailu tapahtui Motivan rekisteriin kerättyihin tietoihin eri palvelurakennusten ominaiskulutuksista. Rekisterissä oli työn toteutushetkellä kirjattuna lämmön- ja vedenkulutuksen osalta 1331 kohteen tiedot vuosilta 2009-2014. Vertailu tapahtui aina kulloistakin case-kohdetta vastaaviin rekisteritietoihin. Kaikki kerätyt kulutustiedot ovat lähtöisin Motivan energiakatselmustietokannasta. Käytetyt ominaiskulutustiedot löytyvät kokonaisuudessaan työn lopusta liitteinä (liite 1 ja liite 2). (Motiva Oy.)

Kerättyjen tietojen analysoinnissa on pyritty nostamaan esille kohteiden vertailuarvoja suurempien kulutusten, tai selvästi normaalista poikkeavien kulutusten syitä, sekä kohteiden energiatehokkuutta parantavia seikkoja. Poikkeavuuksien aiheuttajia on pohdittu sekä rakennuksen teknisten järjestelmien toimivuuden kannalta, että käyttäjien ja huoltohenkilökunnan toiminnan kannalta. Kohteissa, joissa kulutus on selvästi vertailuarvoa alhaisempi on pyritty löytämään ratkaisuja, joiden avulla hyvään tulokseen on päästy.

4 CASE-KOhteiden ESITTELY

4.1 Kohde 1: Jukola

Kohde 1 sijaitsee Tampereella Koukkuniemen vanhainkotialueella. Jukolaksi nimetty yksikkö on vanhusten palveluasumiseen tarkoitettu rakennus. Rakennus on valmistunut vuonna 1955 ja sitä on peruskorjattu vuosina 2012-2013, jolloin uusittiin sisäpuoliset rakenteet, sekä talotekniset järjestelmät. Nykyisellään rakennuksessa on 71 kappaletta asukashuoneistoja. Huoneistot, sekä muu rakennus ovat ympärivuorokautisessa ja -vuotisessa käytössä. Asukkaiden lisäksi käyttäjiä ovat hoito-, sekä ylläpitohenkilökunta.

Rakennuksen tiloissa sijaitsee oma kaukolämmön alajakokeskus, josta lämpö jaetaan tiloihin. Lämmönjako on toteutettu tiloissa pääosin ikkunoiden alle sijoitetuilla vesikiertoisilla pattereilla. Jäähdytys tiloissa on hoidettu ilmanvaihdon avulla, yksittäisissä tiloissa on käytetty myös paikallisia jäähdytyslaitteita. Rakennuksen vieressä sijaitsevan järven vettä hyödynnetään kesällä tuloilman esijäähdytyksessä. Järvivettä on ollut tarkoitus hyödyntää myös talvella tuloilman esilämmityksessä, mutta tällä hetkellä järjestelmä ei ole käytössä. Rakennuksen tuloilma lämmitetään haluttuun arvoon kaukolämmöllä. Rakennuksessa on kolme ilmanvaihtokonetta: kaksi asuinhuoneistoja, sekä yksi yhteisiä tiloja varten. Lämpimän käyttöveden lämmitys hoidetaan myös kaukolämmöllä.

4.2 Kohde 2: Impivaara

Myös kohde 2 sijaitsee Tampereen Koukkuniemen vanhainkotialueella. Kuten edellä esiteltä Jukola, myös Impivaaraksi nimetty yksikkö on vanhusten palveluasumiseen tarkoitettu rakennus. Rakennus on valmistunut vuonna 2013 yhdessä kohteen 1 peruskorjauksen kanssa. Asuinhuoneistoja rakennuksessa on 69 kappaletta. Myös kohteen 2 asuinhuoneistot, sekä muu rakennus ovat ympärivuorokautisessa ja -vuotisessa käytössä. Asukkaiden lisäksi käyttäjiä ovat hoito-, sekä ylläpitohenkilökunta.

Lämmöntuotto ja jäähdytys rakennuksessa ovat tilojen, ilmanvaihdon, sekä lämpimän käyttöveden osilta toteutettu samoin kuin kohteessa 1. Rakennuksessa lämpö jaetaan yleisissä tiloissa vesikiertoisilla pattereilla, märkätiloissa lattialämmityksellä, sekä asuinhuoneistoissa huonekohtaisilla ilmanvaihdon lämmityspattereilla. Rakennusta

palvelee kolme ilmanvaihtokonetta, samoin kuin kohteessa 1. Kaksi ilmanvaihtokonetta palvelee asuinhuoneistoja ja yksi yhteisiä tiloja. Kohteet Jukola ja Impivaara ovat yhteydessä toisiinsa huoltokäytävällä.

4.3 Kohde 3: Luhtaan päiväkot

Kohde 3 on Tampereella sijaitseva Luhtaan päiväkot. Päiväkotirakennus on valmistunut vuonna 2011 ja se on otettu käyttöön vuoden 2012 alussa. Rakennuksen tiloissa toimii 6 eri päiväkotiryhmää jotka ovat tarkoitettu 10kk-6-vuotiaille lapsille. Lapsia ryhmissä on yhteensä noin 120, lisäksi tilojen käyttäjinä toimivat päiväkodin oma henkilökunta, kuten opettajat. Rakennus on käytössä pääsääntöisesti arkisin klo 6.00-18.00.

Rakennus on Suomen ensimmäinen passiivienergiapäiväkot, mikä tarkoittaa, että rakennus tarvitsee mahdollisimman vähän tai ei lainkaan ulkopuolista lämmitys- ja jäähdytysenergiaa. Täydellinen riippumattomuus ulkopuolisesta energiasta on Suomen ilmastossa vielä mahdoton toteuttaa, joten suunnittelussa on pyritty mahdollisimman pieneen energiantarpeeseen. Kyseisen kohteen kulutukset on saatu minimoitua oikeilla rakennusmateriaalivalinnoilla, ilmanvaihdon lämmöntalteenoton tehokkuudella, sekä rakenneratkaisuilla, jotka suojaavat rakennusta liialliselta auringon lämmöltä.

Kohteen lämmitys hoidetaan kaukolämmöllä, joka jaetaan tiloihin vesikiertoisella lattialämmityksellä. Teknisten tilojen lämmönjako on hoidettu vesikiertoisilla pattereilla. Kaukolämpöä käytetään myös ilmanvaihdon lämmityspattereissa, sekä lämpimän käyttöveden tuottoon. Ilmanvaihto on toteutettu kolmella ilmanvaihtokoneella, joista yksi palvelee aulatilaja sekä monitoimisalija, toinen muita yleisiä tiloja ja kolmas keittiötä. Jäähdytys keittiön osalta on hoidettu ilmanvaihtokoneen jäähdytyspatterilla. Rakennuksen katolla on 150 m² aurinkosähköpaneeleita, joilla tuotetaan sähköenergiaa joko rakennuksen omaan tarpeeseen, tai kunnalliseen verkkoon tuoton ja kulutuksen suhteesta riippuen.

4.4 Kohde 4: Toivion koulu

Kohde 4 on Pirkkalassa sijaitseva ala-asteopetukseen tarkoitettu Toivion koulu. Alkuperäinen koulurakennus on rakennettu vuonna 1958, rakennus on saneerattu ja sitä

on laajennettu vuosina 2011-2012. Laajennettu osa otettiin käyttöön vuoden 2012 syksyllä. Rakennuksen käyttäjinä toimivat sen noin 280 oppilasta, sekä 25 opetustoimen henkilökuntaan kuuluvaa. Rakennus on käytössä pääsääntöisesti arkisin klo 7.00-17.00, tiloista liikunta- ja monitoimisali ovat kuitenkin vuokrattavissa käyttöön myös koulun ulkopuolisina aikoina.

Rakennus lämmitetään maalämmöllä. Lämpö otetaan järjestelmään tontille sijoitetuista porakaivoista kahdeksan erillisen maalämpöpumppuyksikön avulla. Maalämmön rinnalla varalämmönlähteenä on öljy. Lämpö rakennukseen jaetaan vesikiertoisilla pattereilla, sekä lattialämmityksellä. Tilojen ilmanvaihto hoidetaan viidellä erillisellä ilmanvaihtokoneella. Koneiden palvelualueet ovat: saneerausosan 1. ja 2. kerroksen luokat, keittiö, ruokala, monitoimi- ja liikuntasali, sekä laajennusosan 1. ja 2. kerroksen luokat. Ilmanvaihto, sekä käyttövesi lämmitetään myös maalämmöllä.

4.5 Kohde 5: Koivurinteen päiväkoti ja koulu

Kohde 5 on Kangasalla sijaitseva pääsääntöisesti päiväkotikäyttöön tarkoitettu Koivurinteen päiväkoti ja koulu. Rakennuksessa toimii päiväkodin lisäksi myös 4 perusopetusluokkatilaa, jotka on sijoitettu omaan kerrokseensa. Rakennus on valmistunut vuonna 2014 osana kunnan suurempaa päiväkotij- ja kouluverkkouudistusta. Hoitopaikkoja rakennuksessa on 105, joista suurin osa yli 3-vuotiaille lapsille. Lasten ja oppilaiden lisäksi rakennuksen käyttäjinä toimivat päiväkodin, sekä koulun henkilökunta. Rakennuksen tilat ovat käytössä arkisin kello 6.30-17.00.

Päiväkodin osuuden lämmityksessä käytetään kaukolämpöä. Perusopetusluokkatilojen lämmityksessä hyödynnetään kaukolämmön lisäksi pellettilämmitystä. Lämpö jaetaan vesikiertoisella lattialämmityksellä koko rakennukseen kahdella erillisellä lämmityspiirillä. Kaukolämpöä käytetään myös ilmanvaihdon lämmityspattereissa. Ilmanvaihto on toteutettu kahdella ilmanvaihtokoneella, joista toinen palvelee keittiötä ja toinen muita tiloja. Lämpimän käyttöveden lämmitys hoidetaan poistoilmalämpöpumpulla, sekä kaukolämmöllä.

4.6 Kohde 6: Puropuiston päiväkot

Kohde 6 on Nokialla sijaitseva ensisijaisesti päiväkotikäyttöön tarkoitettu Puropuiston päiväkot (Nokian keskustan uusi päiväkot). Alkuperäinen rakennus peruskorjattiin vuosina 2011-2012, jolloin siihen rakennettiin myös lisäosa. Samassa rakennuksessa toimii päiväkodin lisäksi vuoropäiväkot, sekä leikkikerho. Hoitoryhmissä on yhteensä noin 150 lasta, iältään 1-5 vuotiaita. Päiväkotiosuus on käytössä arkisin klo 6.00-18.00, vuoropäiväkotiosuus tarpeen mukaan kellon ympäri ja leikkikerho-osuus kahtena päivänä viikossa kolme tuntia kerrallaan. Lasten lisäksi rakennuksen käyttäjinä toimivat päiväkodin henkilökunta.

Rakennus lämmitetään kaukolämmöllä. Lämpö jaetaan peruskorjattuun osaan vesikiertoisella pattereilla ja uudisosaan vesikiertoisella lattialämmityksellä. Kaukolämpöä hyödynnetään lisäksi ilmanvaihdon lämmityspattereissa, sekä käyttöveden lämmityksessä. Rakennuksen ilmanvaihto on toteutettu kahdella ilmanvaihtokoneella. Toinen koneista palvelee peruskorjattua osaa, toinen uudispuolta.

4.7 Yhteenveto kohteista

Alla on esitetty taulukossa (taulukko 5) kohteiden tiedoista tehty yhteenveto. Yhteenvedosta löytyy työn kannalta oleellisia yleisiä tietoja, sekä lämmityksen ja jäähdytyksen toteutustavat eri kohteissa.

TAULUKKO 5. Yhteenveto kohteiden perustiedoista

Kohde	Jukola	Impivaara	Luhtaa	Toivio	Koivurinne	Puropuisto
Sijainti	Tampere	Tampere	Tampere	Pirkkala	Kangasala	Nokia
Käyttö	Vanhusten palvelu-asuminen	Vanhusten palvelu-asuminen	Päiväkot	Alakoulu	Päiväkot + koulu	Päiväkot + vuoropäiväkot
Rakennus-tilavuus r-m ³	18250	19300	6375	20006	9440	10347
Valmistumis-/korjausvuosi	2013	2013	2012	2012	2014	2012
Lämmitys	Kaukolämpö	Kaukolämpö	Kaukolämpö	Maalämpö+ Öljy	Kaukolämpö+ Pelletti	Kaukolämpö
Käyttöveden lämmitys	Kaukolämpö	Kaukolämpö	Kaukolämpö	Maalämpö+ Öljy	PILP+ Kaukolämpö	Kaukolämpö
Ilmanvaihdon lämmitys	Kaukolämpö	Kaukolämpö	Kaukolämpö	Maalämpö+ Öljy	Kaukolämpö	Kaukolämpö
Jäähdytys	Järvivesi + VJK	Järvivesi + VJK	Passiivinen	Ilmanvaihto	Ilmanvaihto	Ilmanvaihto

5 CASE-KOhteiden KULUTUSSEURANTA

Alla on kerrottu millä tavoin ja keiden toimesta lämmitysenergian ja veden kulutusta case-kohteissa seurataan ja mitä toimenpiteitä poikkeavat kulutukset aiheuttavat. Alla esitetyt tiedot on kerätty kohteiden huoltohenkilökunnalta.

5.1 Kohde 1: Jukola

Jukolassa lämmitysenergian ja vedenkulutuksen arvot kirjautuvat ylös rakennuksen automaatiojärjestelmään, josta ne edelleen kirjataan ylös Haahtelan RES-palveluun. Koko Koukkuniemen aluetta palvelee yksi päävesimittari, jonka kulutusarvot kirjataan ylös kuukausittain ja toimitetaan vesilaitokselle. Kaukolämmön kulutusarvot mitataan kaukolämpöyhtiön toimesta laskutusta varten.

Vedenkulutusta rakennuksessa ei seurata huoltohenkilökunnan toimesta, seurannasta vastaa kaupungin tilakeskus. Tilakeskuksella ei kuitenkaan helposti puututa poikkeaviin kulutusarvoihin, vaan seuranta tehdään lähinnä laskutuksen vuoksi. Osa rakennuksen huoneistoista on vuokrakäytössä, näiden huoneistojen vedenkulutusta seurataan, jotta asukkailta voidaan laskuttaa kuukausittainen vesimaksu kulutuksen mukaan. Tilakeskus seuraa myös kerroksittaisia vedenkulutuksia laskutuksen oikeellisuuden vuoksi. Kaukolämmön kulutuksia ei myöskään rakennuksessa seurata huoltohenkilökunnan toimesta. Kulutusarvot on nähtävillä kiinteistön automaatiojärjestelmässä, mutta niitä tarkastellaan yleensä vain, jos kaukolämpölasku herättää epäilyjä kulutusten suhteen.

5.2 Kohde 2: Impivaara

Impivaaran rakennus kuuluu samaan kokonaisuuteen yllä esitetyn Jukolan kanssa. Kohteissa on sama huoltohenkilökunta ja kulutusseuranta on toteutettu molemmissa samoin.

5.3 Kohde 3: Luhtaan päiväkot

Luhtaan päiväkodissa lämmitysenergian, sekä lämpimän käyttöveden arvot kirjautuvat ylös rakennuksen automaatiojärjestelmään, josta ne edelleen kirjataan ylös Haahtelan RES-palveluun. Kylmän käyttöveden kulutus kirjataan manuaalisesti ylös kuukausittain.

Kulutusten seuranta ei kuulu kohteen huoltohenkilökunnan toimenkuvaan. Vedenkulutusta seurataan kunnan tilakeskuksen toimesta, jossa tartutaan poikkeuksellisiin kulutuksiin. Äkillisesti kasvaneesta vedenkulutuksesta annetaan ilmoitus huoltohenkilökunnalle, joka toimii tilanteen vaatimalla tavalla. Lämmitysenergian kulutuksia seurataan myös tilakeskuksen toimesta, mutta huoltohenkilökunnalle ei toimeksiantoja näiden osalta tule.

5.4 Kohde 4: Toivion koulu

Toivion koulussa lämmitysenergian ja vedenkulutuksen arvot kirjataan kerran kuukaudessa ylös kiinteistön järjestelmään, josta ne siirretään edelleen Haahtelan RES-palveluun. Kohteen lämmitysjärjestelmän ongelmien vuoksi huoltohenkilökunnan ei ole tällä hetkellä mahdollista seurata kiinteistön lämmitysenergiankulutusta, mutta vedenkulutusta kiinteistössä seurataan säännöllisesti. Huoltohenkilökunta pystyy havaitsemaan poikkeavuudet rakennuksen vedenkulutuksessa ja tekemään toimenpiteitä tästä johtuen. Tehtävät toimenpiteet ovat yleensä vesikalusteiden ja putkistojen tarkastus vuotojen varalta, mutta toisinaan apua joudutaan pyytämään kunnan insinööreiltä järjestelmien toimivuuden selvittämiseksi.

Yleisesti Pirkkalan kunnassa kiinteistöjen kulutuksia seurataan kunnan insinöörien toimesta kohteesta riippuen jopa viikoittain. Vedenkulutusten poikkeavuuksiin, varsinkin äkilliseen kasvuun reagoidaan heti. Poikkeavuuksista tehdään ilmoitus kyseisen kohteen huoltomiehelle, joka käy kohteen läpi tarkkaan mahdollisten vuotojen varalta. Lämmitysenergian kulutuksia seurataan myös insinöörien toimesta, mutta niiden poikkeavuuksiin liittyviä toimeksiantoja tulee harvoin.

5.5 Kohde 5: Koivurinteen päiväkotia ja koulu

Kunnan teknisen keskuksen viestinnän toimimattomuuden vuoksi ei kyetty tavoittamaan kohteen huoltohenkilökuntaa tämän työn puitteissa. Sisäisessä viestinnässä oli selkeästi havaittavissa puutteita, sillä tämän hankkeen tarkoitus ja sisältö eivät olleet välittyneet kaikkien hankkeen kannalta oleellisten työntekijöiden tietoon.

5.6 Kohde 6: Puropuiston päiväkot

Puropuiston päiväkodissa vedenkulutus kirjataan huoltohenkilökunnan toimesta suoraan vesilaitoksen kulutusseurantaan netin kautta. Vedenkulutusten kirjausten välillä saattaa olla jopa kaksi kuukautta ja kulutuksia ei muuten huoltohenkilökunnan toimesta seurata. Myöskään lämmitysenergiankulutusta huoltohenkilökunta ei seuraa, vaan seuranta tapahtuu kaukolämpöyhtiön toimesta. Kaukolämpöyhtiöltä saatavat kulutustiedot menevät kunnan ylemmille tahoille, eikä huoltohenkilökunta niitä näe.

Yleisesti kunnan rakennuksissa on käytössä etäluettavat vesimittarit. Rakennuksia palveleva Nokian vesi Oy tarkkailee vedenkulutuksia eri kiinteistöissä ja ilmoittaa huoltohenkilökunnalle, jos kulutus äkillisesti nousee. Suuri osa kunnan rakennuksista on yhden automaatioyrityksen ympärivuorokautisessa kulutusseurannassa. Automaatioyritys ilmoittaa huoltohenkilökunnalle, jos on syytä epäillä vuotoa järjestelmässä, tai sen toiminnassa on muuta epäselvää.

6 CASE-KOhteiden KULUTUSTIEDOT

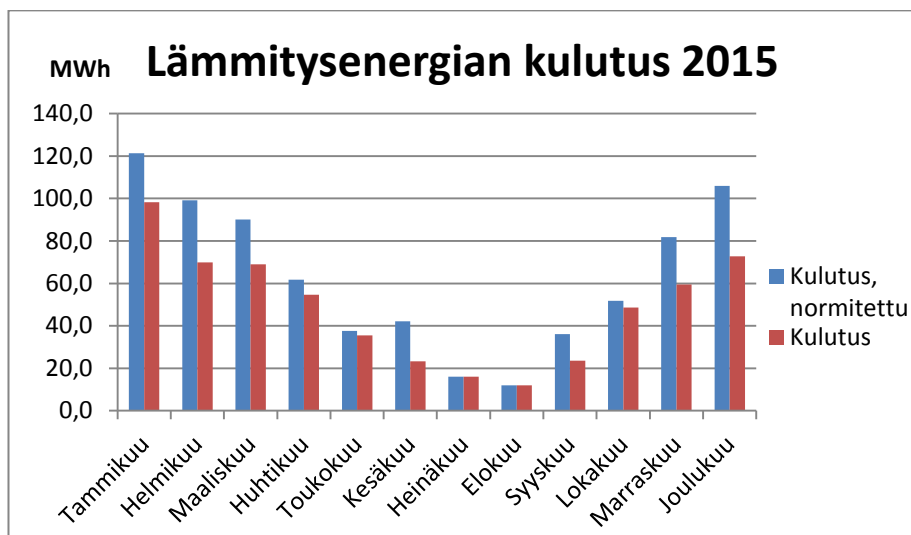
Jotta eri paikkakuntien kulutustiedot olisivat valtakunnallisesti vertailtavissa, tulee ne normittaa edellä esitettyjen kaavojen (4 ja 5) mukaisesti. Pirkanmaan vertailupaikkakuntana toimii Tampere, johon paikkakunta-kohtaiset korjauskertoimet eri kohteille ovat: Nokia 1,01, Pirkkala 1,01 ja Kangasala 1,00. Lopullinen normitus tehdään Jyväskylään, johon Tampereen korjauskerroin on 1,09. Normituksessa on käytetty lämmitystarvelukua S17. (Motiva Oy.)

Alla on esitetty kaikkien kohteiden lämmitysenergian kulutus, vedenkulutus, vertailu Motivan arvoihin, sekä lämpökonduktanssi. Jokaisen kuvion alussa on mainittu kulutustietojen lähde.

6.1 Kohde 1: Jukola

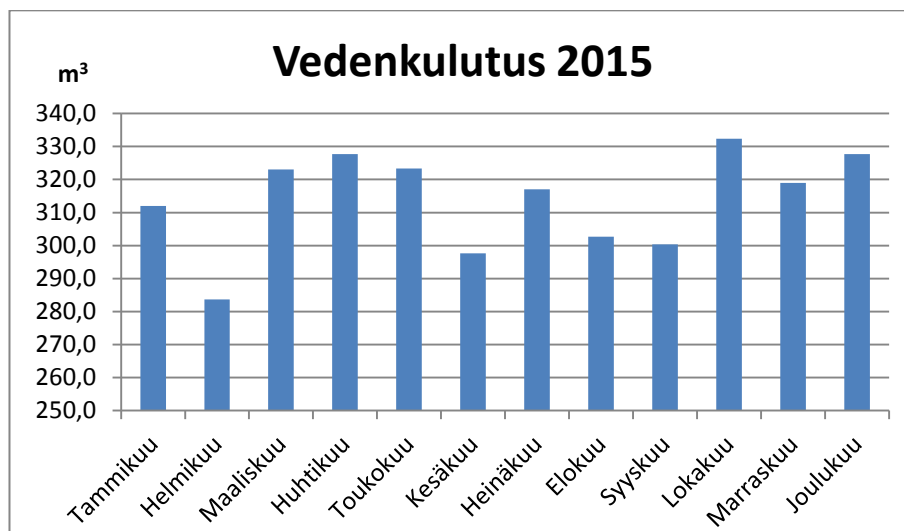
Kuviossa 2 on esitetty kohteen Jukola toteutunut, sekä normitettu lämmitysenergian kulutus vuodelta 2015. Kulutustiedot on saatu kohteen kiinteistöautomaatiikasta.

KUVIO 2. Lämmitysenergian kulutus 2015, Jukola



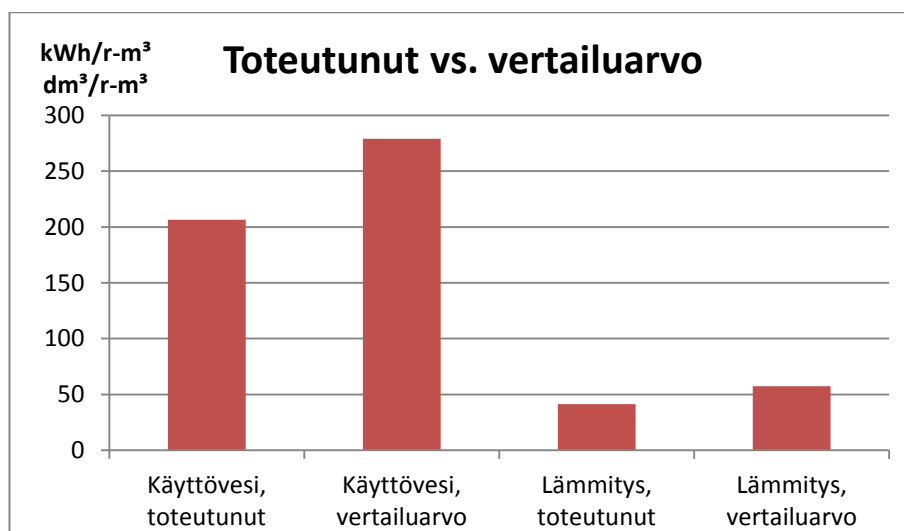
Kuviossa 3 on esitetty kohteen Jukola kokonaisvedenkulutus vuonna 2015. Esitetyt arvot ovat kiinteistön automatiikasta saatujen lämpimän veden kulutustietojen avulla laskettuja arvioita.

KUVIO 3. Vedenkulutus 2015, Jukola



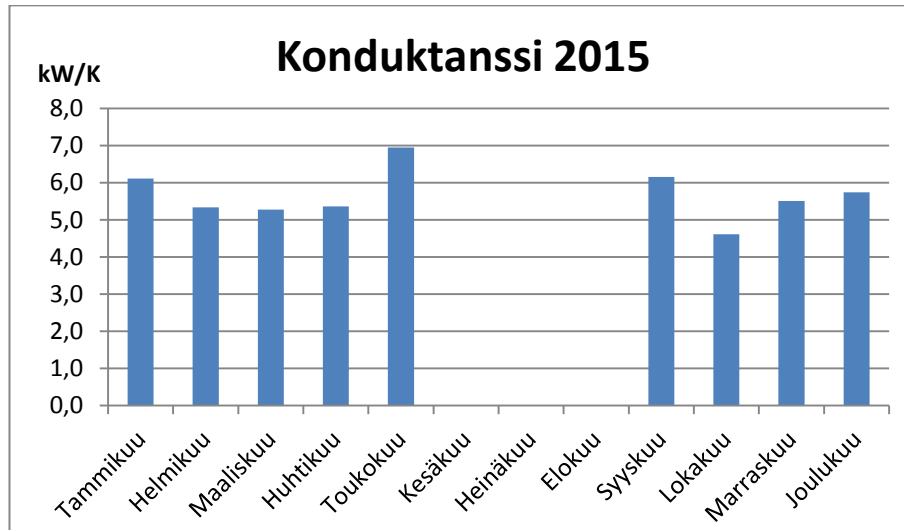
Kuviossa 4 on esitetty kohteen Jukola toteutuneet kulutusarvot vertailtaessa Motivan arvoihin. Jukolan arvot on laskettu jakamalla kokonaiskulutukset kohteen rakennustilavuudella, käytetyt Motivan vertailuarvot on esitetty liitteissä 1 ja 2.

KUVIO 4. Vertailu Motivan arvoihin, Jukola



Kuviossa 5 on esitetty kohteen Jukola lämpökonduktanssi vuodelta 2015. Konduktanssi on laskettu käyttämällä kiinteistöautomaatiikasta saatua lämmitysenergian kokonaiskulutusta.

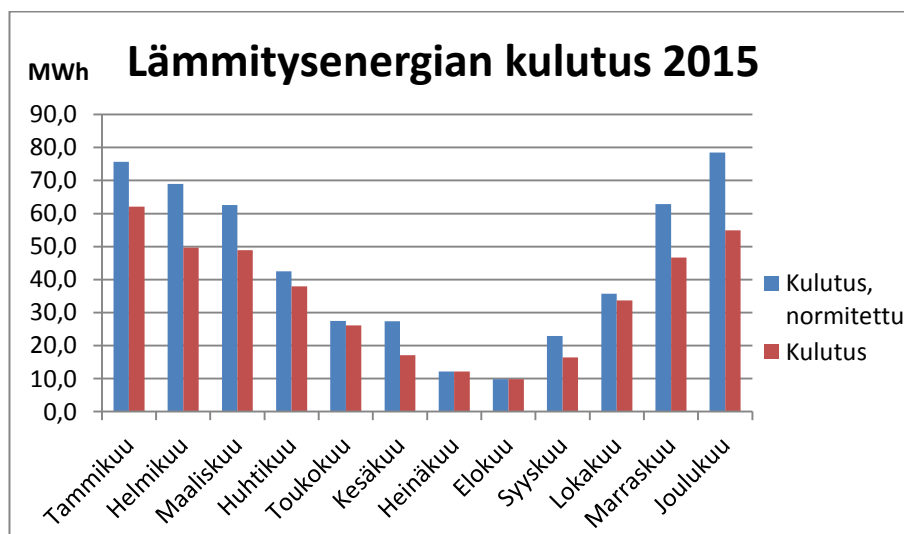
KUVIO 5. Lämpökonduktanssi 2015, Jukola



6.2 Kohde 2: Impivaara

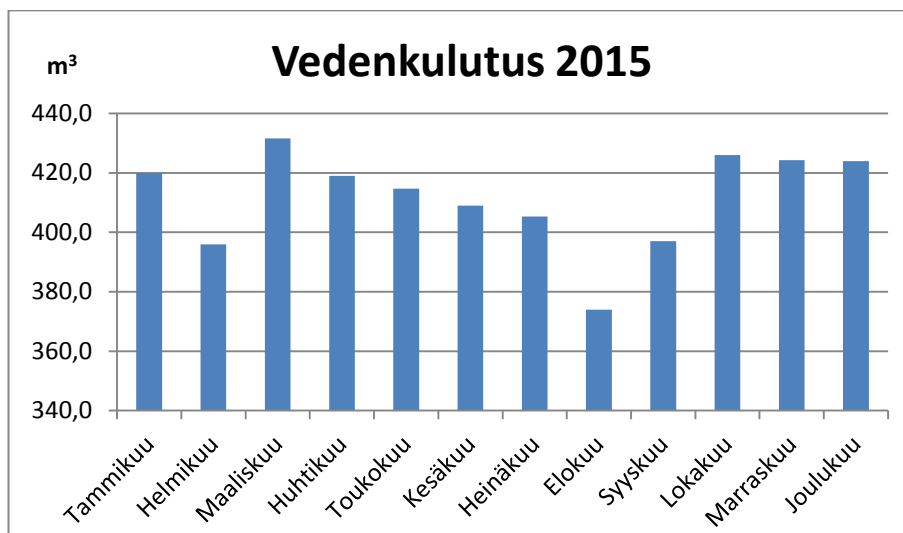
Kuviossa 6 on esitetty kohteen Impivaara toteutunut, sekä normitettu lämmitysenergian kulutus vuodelta 2015. Kulutustiedot on saatu kohteen kiinteistöautomaatiikasta.

KUVIO 6. Lämmitysenergian kulutus 2015, Impivaara



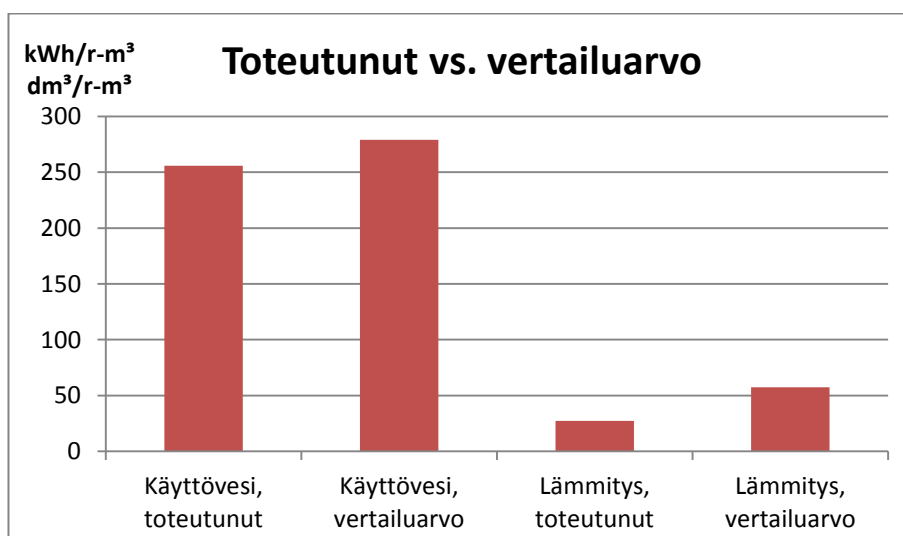
Kuviossa 7 on esitetty kohteen Impivaara kokonaisvedenkulutus vuonna 2015. Esitetyt arvot ovat kiinteistön automatiikasta saatujen lämpimän veden kulutustietojen avulla laskettuja arvioita.

KUVIO 7. Vedenkulutus 2015, Impivaara



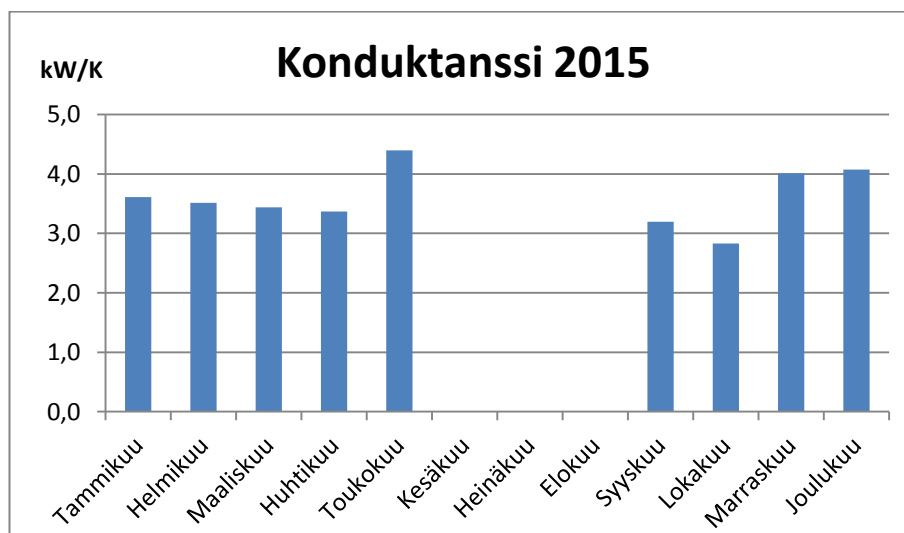
Kuviossa 8 on esitetty kohteen Impivaara toteutuneet kulutusarvot vertailtaessa Motivan arvoihin. Impivaaran arvot on laskettu jakamalla kokonaiskulutukset kohteen rakennustilavuudella, käytetyt Motivan vertailuarvot on esitetty liitteissä 1 ja 2.

KUVIO 8. Vertailu Motivan arvoihin, Impivaara



Kuviossa 9 on esitetty kohteen Jukola lämpökonduktanssi vuodelta 2015. Konduktanssi on laskettu käyttämällä kiinteistöautomaatiikasta saatua lämmitysenergian kokonaiskulutusta.

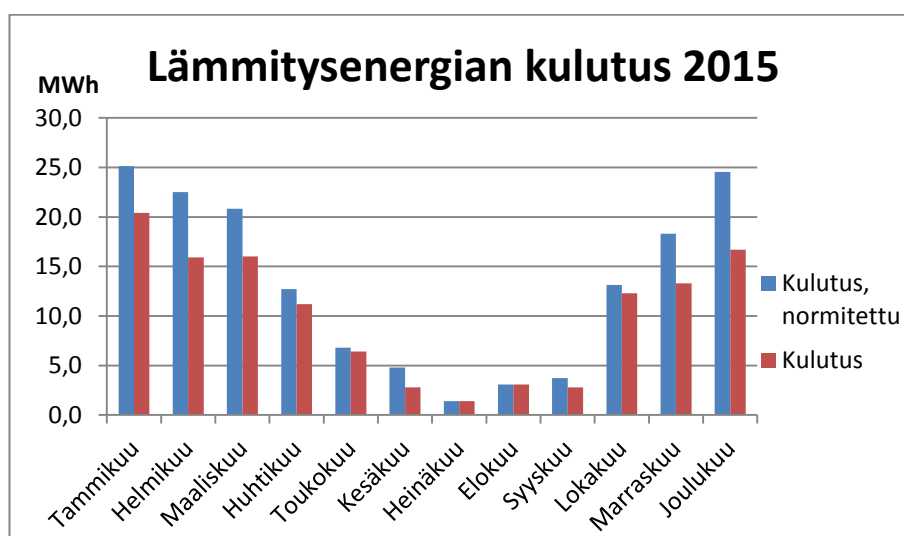
KUVIO 9. Lämpökonduktanssi 2015, Impivaara



6.3 Kohde 3: Luhtaan päiväkot

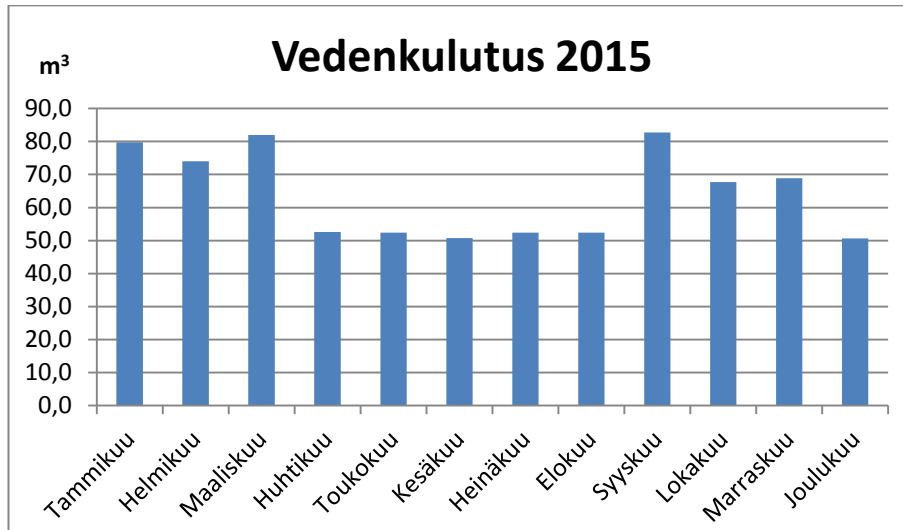
Kuviossa 10 on esitetty kohteen Luhtaa toteutunut, sekä normitettu lämmitysenergian kulutus vuodelta 2015. Kulutustiedot on saatu kohteen kiinteistöautomaatiikasta.

KUVIO 10. Lämmitysenergian kulutus 2015, Luhtaa



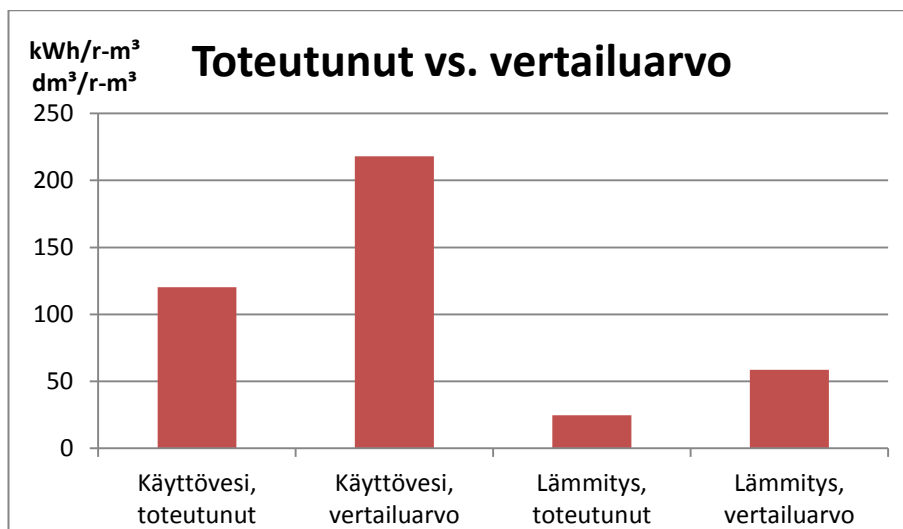
Kuviossa 11 on esitetty kohteen Luhtaa kokonaisvedenkulutus vuonna 2015. Kulutustiedot on saatu kunnan tilakeskukselta.

KUVIO 11. Vedenkulutus 2015, Luhtaa



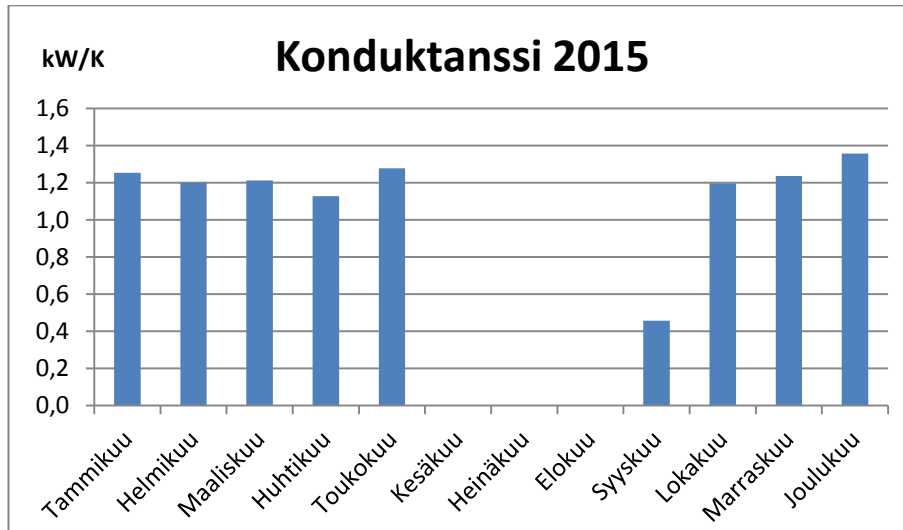
Kuviossa 12 on esitetty kohteen Luhtaa toteutuneet kulutusarvot vertailtaessa Motivan arvoihin. Luhtaan arvot on laskettu jakamalla kokonaiskulutukset kohteen rakennustilavuudella, käytetyt Motivan vertailuarvot on esitetty liitteissä 1 ja 2.

KUVIO 12. Vertailu Motivan arvoihin, Luhtaa



Kuviossa 13 on esitetty kohteen Luhtaa lämpökonduktanssi vuodelta 2015. Konduktanssi on laskettu käyttämällä kiinteistöautomaatiikasta saatua lämmitysenergian kokonaiskulutusta.

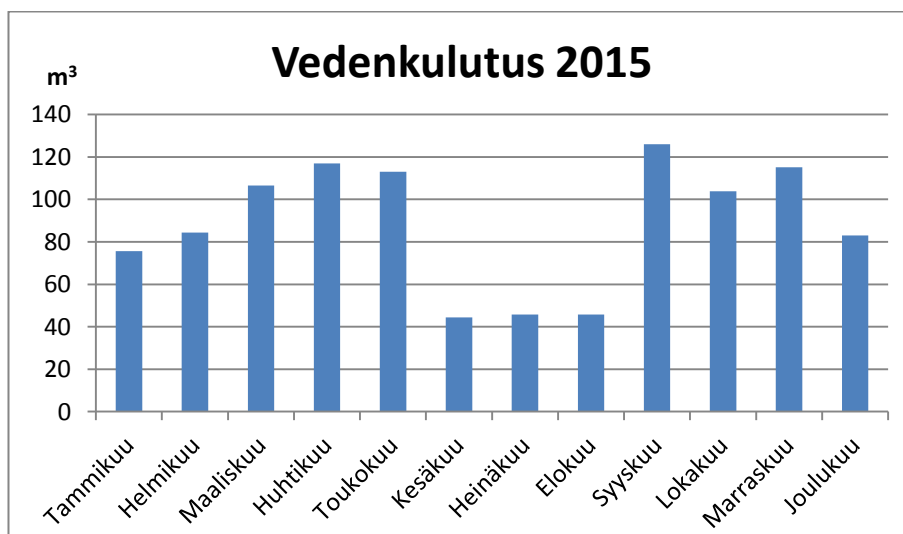
KUVIO 13. Lämpökonduktanssi, Luhtaa



6.4 Kohde 4: Toivion koulu

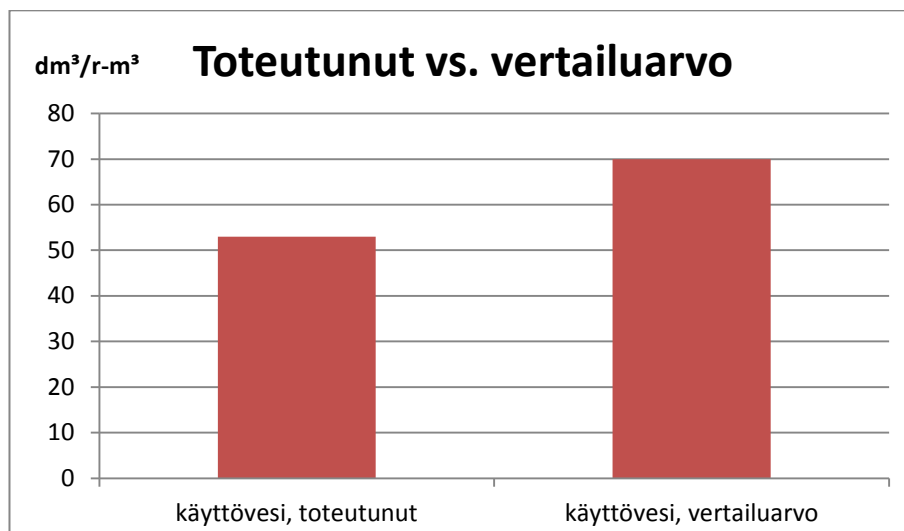
Kuviossa 14 on esitetty kohteen Toivio kokonaisvedenkulutus vuonna 2015. Kulutustiedot on saatu kohteen kiinteistöautomaatiikasta.

KUVIO 14. Vedenkulutus 2015, Toivio



Kuviossa 15 on esitetty kohteen Toivio toteutunut vedenkulutuksen arvo vertailtaessa Motivan arvoon. Toivion arvo on laskettu jakamalla kokonaiskulutus kohteen rakennustilavuudella, käytetty Motivan vertailuarvo on esitetty liitteessä 2.

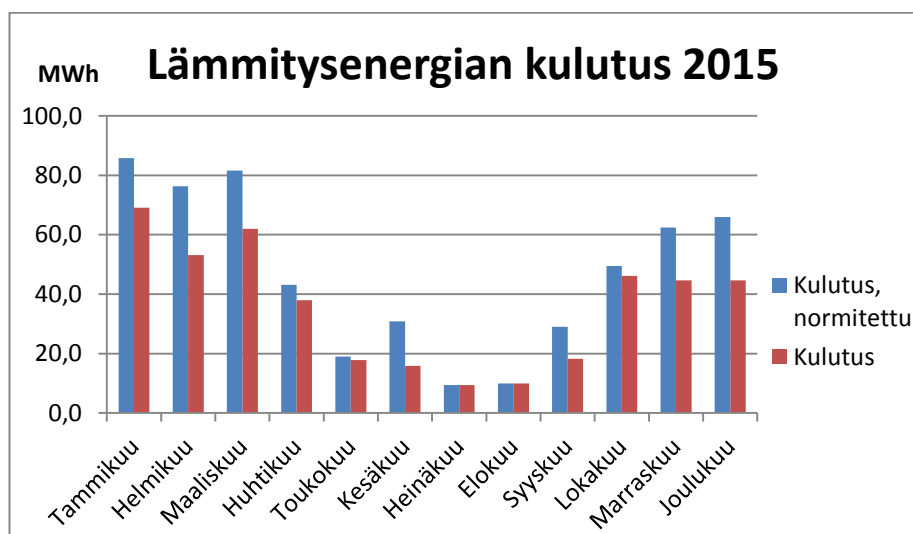
KUVIO 15. Vertailu Motivan arvoon, Toivio



6.5 Kohde 5: Koivurinteen päiväkoti ja koulu

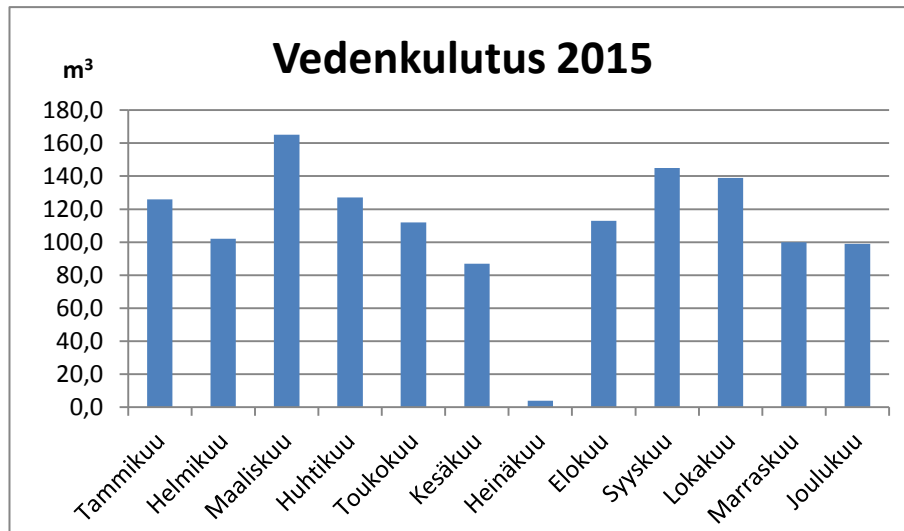
Kuviossa 16 on esitetty kohteen Koivurinne toteutunut, sekä normitettu lämmitysenergian kulutus vuodelta 2015. Kulutustiedot on saatu kohdetta palvelevalta kaukolämpöyhtiöltä.

KUVIO 16. Lämmitysenergian kulutus 2015, Koivurinne



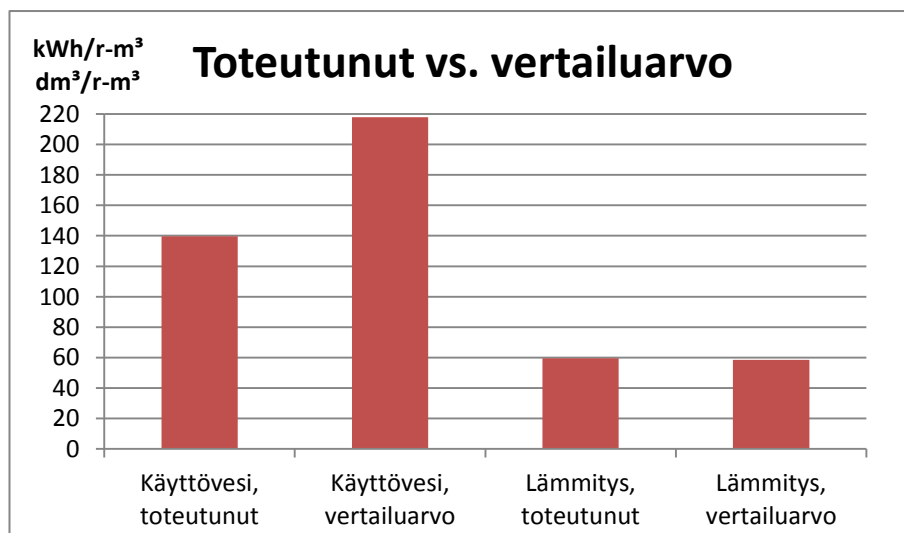
Kuviossa 17 on esitetty kohteen Koivurinne kokonaisvedenkulutus vuonna 2015. Kulutustiedot on saatu kohdetta palvelevalta vesilaitokselta.

KUVIO 17. Vedenkulutus 2015, Koivurinne



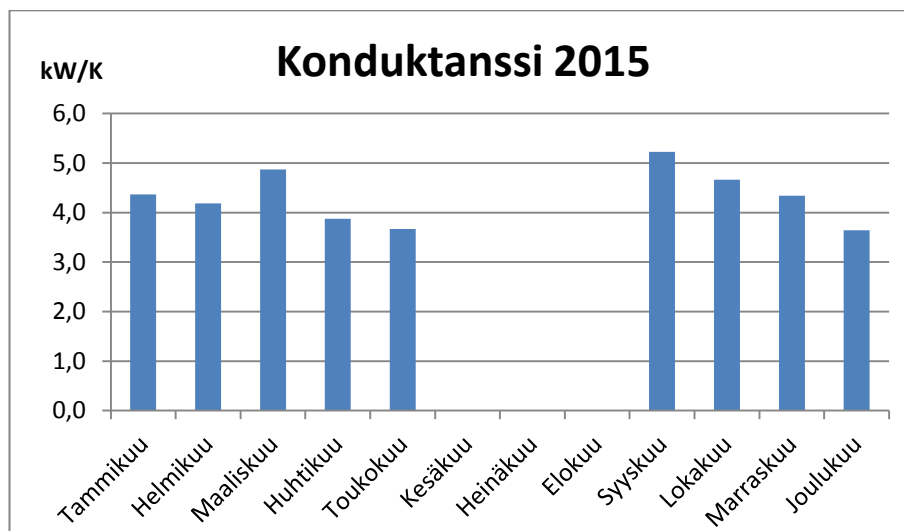
Kuviossa 18 on esitetty kohteen Koivurinne toteutuneet kulutusarvot vertailtaessa Motivan arvoihin. Koivurinteen arvot on laskettu jakamalla kokonaiskulutukset kohteen rakennustilavuudella, käytetyt Motivan vertailuarvot on esitetty liitteissä 1 ja 2.

KUVIO 18. Vertailu Motivan arvoihin, Koivurinne



Kuviossa 19 on esitetty kohteen Koivurinne lämpökonduktanssi vuodelta 2015. Konduktanssi on laskettu käyttämällä kaukolämpöyhtiöltä saatua lämmitysenergian kokonaiskulutusta

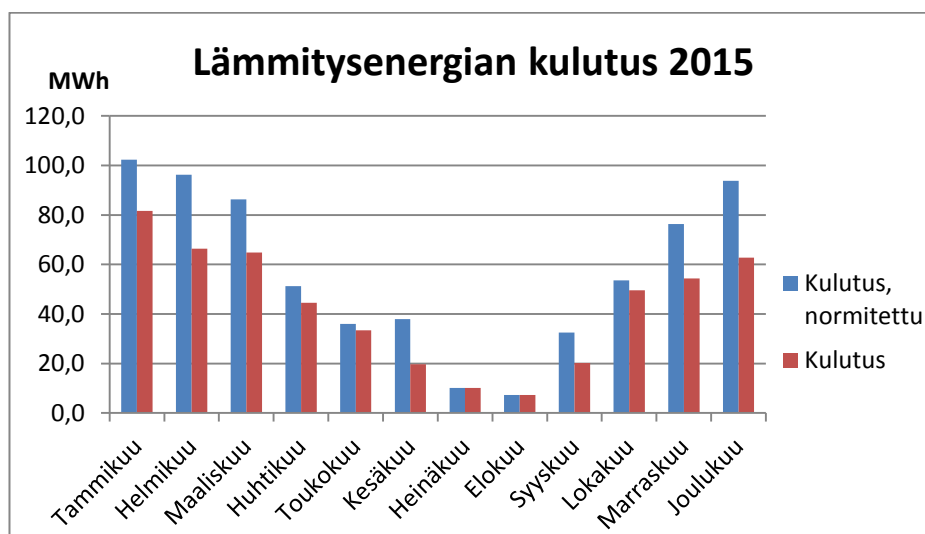
KUVIO 19. Lämpökonduktanssi 2015 Koivurinne



6.6 Kohde 6: Puropuiston päiväkot

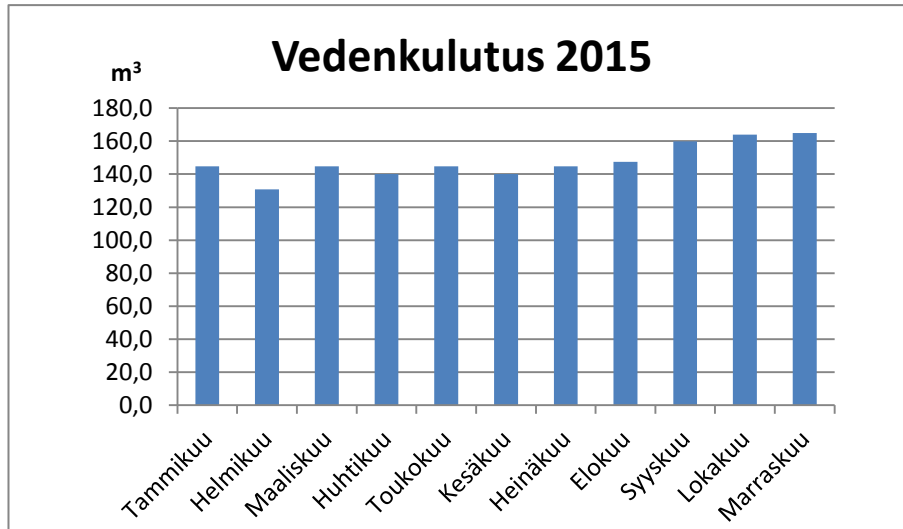
Kuviossa 20 on esitetty kohteen Puropuisto toteutunut, sekä normitettu lämmitysenergian kulutus vuodelta 2015. Kulutustiedot on saatu kohdetta palvelevalta kaukolämpöyhtiöltä.

KUVIO 20. Lämmitysenergian kulutus 2015, Puropuisto



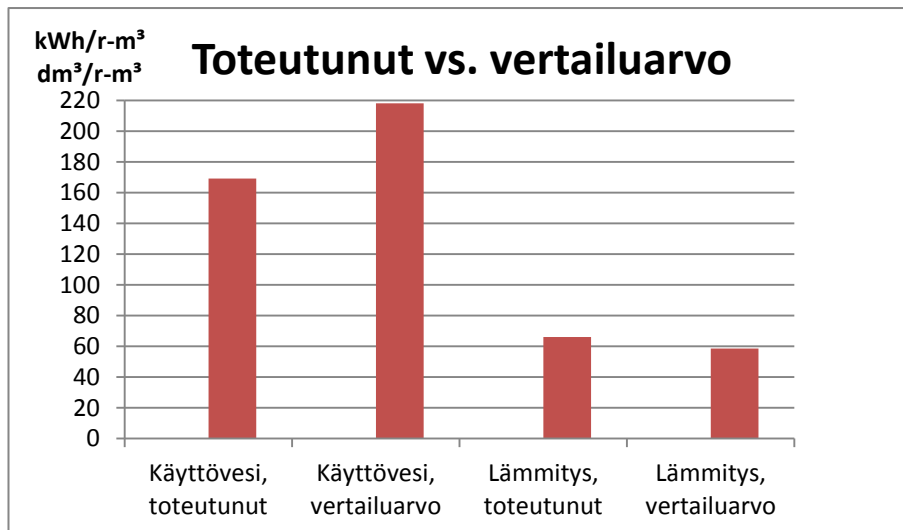
Kuviossa 21 on esitetty kohteen Puropuisto kokonaisvedenkulutus vuonna 2015. Kulutustiedot on saatu kohdetta palvelevalta vesilaitokselta.

KUVIO 21. Vedenkulutus 2015, Puropuisto



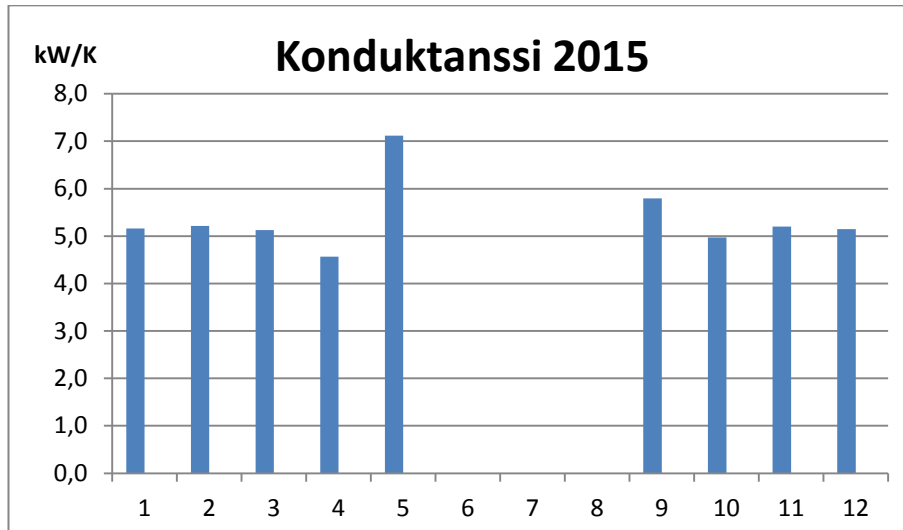
Kuviossa 22 on esitetty kohteen Puropuisto toteutuneet kulutusarvot vertailtaessa Motivan arvoihin. Puropuiston arvot on laskettu jakamalla kokonaiskulutukset kohteen rakennustilavuudella, käytetyt Motivan vertailuarvot on esitetty liitteissä 1 ja 2.

KUVIO 22. Vertailu Motivan arvoihin, Puropuisto



Kuviossa 23 on esitetty kohteen Puropuisto lämpökonduktanssi vuodelta 2015. Konduktanssi on laskettu käyttämällä kohdetta palvelevalta kaukolämpöyhtiöltä saatua kokonaislämmitysenergiankulutusta.

KUVIO 23. Lämpökonduktanssi 2015, Puropuisto



7 KULUTUSTEN ANALYSOINTI

Yleisinä huomioina kaikkien kohteiden kulutuksissa voidaan nostaa esiin piikki kesäkuun normitetuissa kulutuksissa. Poikkeuksellisen arvon aiheuttaa tarkasteluvuoden kesäkuun kylmät jaksot. Kylminä jaksoina on jouduttu käyttämään lämmitysenergiaa myös rakennusten tilojen lämmittämiseen. Rakennusten lämmitysjärjestelmät kytketään usein päälle kun ulkolämpötila on $+11-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Koska kesäkuun lämmitystarveluvun laskentaan ei huomioida lämmityskauden ulkopuolisia päiviä, jolloin ulkolämpötila laskee alle $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$, on kesäkuun normitettu lämmitysenergiankulutus epätarkka. Päiviä, jolloin lämpötila laskee alle $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ on suhteessa vähän todelliseen lämmitystarpeeseen, jolloin lämmitysenergian kulutuksen määrä kertaantuu normituksessa ja se näkyy kulutuspiikkinä kuvaajissa.

Edellä mainittu ilmiö on havaittavissa myös rakennusten lasketuissa konduktansseissa, jonka vuoksi kesäkuun arvo on poistettu kuvaajista niiden paremman luettavuuden vuoksi. Kesäkuun lisäksi toukokuun matala lämmitystarveluku tekee pienen piikin kaikkien kohteiden konduktanssiin. Yleisesti kuitenkin kohteiden konduktanssit pysyttelevät kohtalaisen tasaisina.

7.1 Kohde 1: Jukola

Rakennuksen lämmitysenergian kulutuksen kuvio (kuvio 2) mukailee tyypillisen kaukolämpökohteen lämmitysenergian kulutusta. Talvella kylmällä ilmalla kulutus on suurempi, kun taas kesällä lämmitystä käytetään vain lämpimän käyttöveden tuottamiseen. Motivan vertailuarvon suhteen lämmitysenergian kulutus on 38 % prosenttia pienempi, joka on hyvä arvo peruskorjatulle rakennukselle.

Kohteeseen suunniteltu järviveden hyödyntäminen talvella ilmanvaihdon esilämmityksessä vähentäisi jonkin verran lämmitystarvetta. Lämmöntalteenottoputkisto on jo valmiiksi asennettu kohteen ilmanvaihtokonehuoneesta lämmönjakokeskukseen, mutta putkia ei ole kytketty mihinkään. Järvivettä hyödynnetään nykyisellään tuloilman ja vedenjäähdytyskoneen jäähdytyksessä, jolloin kytkentä tästä piiristä ilmanvaihdon lämmityspatterille ei olisi hankala toteuttaa.

Lämpöenergian kulutusta voitaisiin myös vähentää lisäeristämällä rakennusta. Tehdyn saneerauksen yhteydessä vaihdettiin rakennuksen sisäpuoliset rakenteet, mutta säilytettiin alkuperäiset ulkokuoren rakenteet. Esimerkiksi yläpohjan lisäeristäminen olisi helppo toteuttaa. Tästä koituvat säästöt saattaisivat kuitenkin jäädä kohteessa pieniksi.

Kohteesta oli saatavilla työn tekohetkellä vain tieto lämpimän käyttöveden kulutuksesta. Kokonaisvedenkulutus on siten laskettu käyttämällä kappaleessa 2.3 mainittua Motivan arviointitapaa, jossa lämpimän käyttöveden osuus kokonaiskulutuksesta arvioidaan olevan 30 %. Kokonaisvedenkulutus on todennäköisesti todellisuudessa laskettua arvoa alhaisempi.

Vedenkulutus kohteessa vaihtelee suuresti kuukaudesta riippuen. Tämä johtuu ainakin osittain rakennuksen sisällä vaihtelevista toiminnoista. Erilaiset asukkaille järjestettävät aktiviteetit saattavat kuluttaa joinain kuukausina paljon vettä, kun taas toisina ei ollenkaan. Myös tiheään vaihtuvat asukkaat ja erilaiset hoitovaatimukset aiheuttavat vaihtelevuutta vedenkulutuksessa.

7.2 Kohde 2: Impivaara

Impivaaran lämpöenergiankulutus on lähes vastaavaan Jukolan rakennukseen verrattuna pienempi. Suurin syy pienempään kulutukseen on todennäköisesti se, että Jukolan alkuperäiset ulkoseinärakenteet ovat ominaisuuksiltaan heikommat kuin Impivaaran vuonna 2013 toteutetut. Jukolan 1950-luvun eristemateriaalit eivät ole lämmöneristysominaisuuksiltaan niin hyviä kuin nykyään. Myös rakentamismääräykset ovat nykyisin tiukempia, jolloin rakennuksesta poistuu vähemmän lämpöenergiaa ulkokuoren läpi.

Rakennuksen lämmönjako huoneisiin ilmanvaihdon avulla ei ole paras ratkaisu vanhusten palvelurakennuksessa. Useimmat vanhat ihmiset eivät ole tottuneet ilmalämmitykseen, tai ilmanvaihtoon ylipäättään ja saattavat luulla, ettei huoneissa ole ollenkaan lämmitystä. Huoneiden tuloilman lämpötilaa pystytään säätämään huoneiden termostaateista, joka on aiheuttanut kohteessa ongelmia. Asukkaat eivät välttämättä ymmärrä termostaatin toimintaa ja säätävät sen joko kokonaan pois päältä, tai täysin

auki-asentoon, jolloin huoneiden lämpötila laskee tai nousee. Normaalisessa asumisessa ongelma voisi ratketa asukkaiden opastuksella, mutta koska kyseessä on vanhusten palvelurakennus, jonka asukkaista osa on muistisairaita opastus ei ole riittävä keino.

Tällaisissa kohteissa termostaatit ja muut vastaavat asuinolosuhteisiin vaikuttavat säätölaitteet tulisi sijoittaa asukkaiden ulottumattomiin, tai valita sellaiset mallit, joissa asetusarvon saa lukittua. Lukitus ei välttämättä ole toimiva ratkaisu, sillä asukkaat saattavat yrittää muuttaa asetusarvoja väkivalloin, jolloin säätölaite rikkoutuu. Toimivin ratkaisu saattaisi olla säätölaitteiden sijoitus asukkaiden ulottumattomiin niin, että hoito- ja huoltohenkilökunnalla, sekä asukkaiden omaisilla olisi niihin helppo pääsy ja he voisivat tarvittaessa muuttaa asetusarvoja asukkaiden toiveiden mukaan.

Kuten Jukolan, myös Impivaaran osuuden vedenkulutuksesta oli saatavilla vain lämpimän käyttöveden kulutus, jonka avulla on laskettu arvio kokonaisvedenkulutuksesta. Vaikka kulutus on todennäköisesti laskettua arvoa pienempi, on se silti kokonaisuudessaan enemmän kuin Jukolassa. Suurempi vedenkäyttö ei selity rakennusten eri toiminnoilla, eikä vesikalusteiden kunnolla. Impivaarassa ja Jukolassa on molemmissa käytössä keittiö-, sekä saunatilat, jotka rakennuksissa ovat suuria vedenkuluttajia, myös rakennusten asukasmäärät ovat likimain samat. Impivaaran vesikalusteet on vaihdettu uusiin peruskorjauksen yhteydessä. Myöskään käyttäjien ja hoitohenkilökunnan toiminnan vaikutus ei välttämättä selitä näin suurta kulutuseroa verrattuna Jukolaan, sillä käyttäjäkunta vaihtuu suhteellisen tiheään ja hoitohenkilökunta työskentelee molemmissa rakennuksissa.

Rakennuksessa toteutettua kerroksittaista vedenmittausta voisi hyödyntää suuremman kulutuksen syyn selvittämiseksi. Kerätyn mittausdatan avulla nähtäisiin kuluuko jossain kerroksessa selvästi enemmän vettä kuin muissa. Asennetun talotekniikan puolesta ei vedenkulutuksen pitäisi erota kerrosten välillä, sillä kerrokset ovat lähes identtisiä.

7.3 Kohde 3: Luhtaan päiväkot

Luhtaan päiväkoti ei ole päässyt lämmitysenergian osalta VTT:n asettamaan passiivienergiatalotasoon, joka on $\leq 25 \text{ kWh/brm}^2$. Vuosina 2013-2014 tehdyn rakennuksen toimintatarkastelun aikana toteutunut arvo oli 53 kWh/brm^2 , tähän työhön

liittyvissä laskelmassa vuoden 2015 arvo oli 68 kWh/brm². Vaikka asetettua tavoitetta ei ole saavutettu, on rakennuksen lämpöenergian kulutus silti yli 50 % pienempi kuin Motivan vertailuarvo.

Suurimpia ongelmia rakennuksessa on tilojen lämmönjaon toteutus. Vesikiertoinen lattialämmitys sopii hyvin passiivienergiataloihin sen matalien käyttölämpötilojen vuoksi ja on toimiva ratkaisu päiväkodissa, sillä lapset leikkivät useimmiten lattioilla, ongelmia syntyy kuitenkin lämmönjaon säädön hitaudesta. Vesikierrolla toteutettu lattialämmitys reagoi verrattaessa vesikiertoiseen patterilämmitykseen hitaasti huoneen lämpötilan muutoksiin. Öisin, kun rakennuksessa ei ole käyttäjiä, lattialämmitys ylläpitää asetettua arvoa ja varaa lämpöä rakenteisiin. Aamulla, kun käyttäjät saapuvat tiloihin, he tuovat mukanaan huomattavan lämpökuorman, joka nostaa äkillisesti huonelämpötilaa. Lattialämmityksen termostaatit reagoivat liian korkeaan huonelämpötilaan, mutta lämpötilan muutos tapahtuu hitaasti rakenteisiin varautuneen lämpöenergian vuoksi. Käyttäjät tuntevat liian korkean huonelämpötilan epämiellyttävänä ja tunkkaisena, jolloin he joutuvat tuulettamaan tilaa avaamalla ikkunoita, samalla lämpöenergiaa karkaa ulos rakennuksesta.

Vesikiertoisen lattialämmityksen asetusarvo olisi hyvä pitää yöaikaan normaalia matalampana, esimerkiksi +17 °C. Aamulla ennen kuin käyttäjät saapuvat tilaan asetusarvo nostettaisiin kellotoimisesti normaalikäyttöön. Tällä toimella välttyttäisiin tilojen tunkkaisuuden tunteelta ja liian korkeilta lämpötiloilta. Korkeat lämpötilat ovat ongelma myös kevätaikaan, jolloin rakennuksen lämmitysjärjestelmä on yhä käytössä ja aurinko lämmittää rakennusta. Auringon lämpöä ehkäistään rakennuksessa erilaisilla ikkunaverho- ja markiisiratkaisuilla onnistuneesti.

Päiväkodin lämmitysmuodon valinnassa olisi voitu tarkastella paremmin vaihtoehtoja kaukolämmön rinnalle. Esimerkiksi maalämpö olisi sopinut kohteeseen hyvin, sillä käytössä oleva vesikiertoinen lattialämmitys toimii matalilla lämmitysveden lämpötiloilla, jolloin lämpöpumpusta saadaan parempi hyöty irti. Tontin koon riittävyys lämpökaivojen sijoitteluun ei olisi ollut ongelma, sillä tontille oli valmiiksi tehty varaus lasten ulkoilualueita varten, lämpökaivot olisi saatu sijoitettua tälle alueelle.

Toimivina ratkaisuinä päiväkodissa on rakennusmateriaalit, passiiviset suojaukset yllilämmön varalle, sekä ilmanvaihdon lämmön talteenotto. Ulkopintojen rakenteet on

toteutettu erinomaisilla U-arvoilla, jolloin lämpöä siirtyy rakenteiden kautta ulkoilmaan vain pieniä määriä. Rakenteiden toimivuutta mm. niiden kosteusteknisten ominaisuuksien osalta seurataan jatkuvasti, tähän mennessä rakenteet ovat säilyttäneet optimaaliset ominaisuutensa.

Päiväkodin vedenkulutus on kuukausittain tasaista. Huhtikuusta elokuuhun vedenkulutus on vähäisempää, sillä näinä kuukausina ihmiset viettävät kesälomiaan ja lapsia on rakennuksessa vähemmän. Loma-ajan vedenkulutus on verrattaessa vastaavatoimiseen Puropuiston päiväkotiin suurempi, mikä johtuu siitä, että Luhtaaseen tuodaan usein hoitolapsia muista päiväkodeista niiden ollessa suljettuina loma-aikana.

Lasketuissa konduktansseissa syyskuun arvo on huomattavasti muita alhaisempi. Tämä johtuu siitä, että syyskuussa päiväkodissa on kulunut vain vähän lämmitysenergiaa verrattaessa esimerkiksi edellisen kuukauden arvoon. Syitä pienempään kulutukseen saattaa olla esimerkiksi auringon lämmön parempi hyödyntäminen. Syyskuuta edeltävinä kesäkuukausina ulkolämpötila on keskimäärin korkeampi, jolloin auringon lämpö koetaan rakennuksessa haitalliseksi ja sen pääsyä rakennukseen pyritään välttämään. Syksyllä taas ulkolämpötilan laskiessa auringon lämpöä päästetään enemmän rakennukseen, jolloin se toimii ylimääräisenä lämmönlähteenä. Yksi syy pienempään kulutukseen saattaa olla myös häiriö kulutusseurannassa, jolloin syyskuun arvo ei ole kirjautunut oikein.

7.4 Kohde 4: Toivion koulu

Toivion koulussa kokonaislämmitysenergiankulutusta on saatavilla arvoilla mahdotonta seurata. Öljyn kulutusta pystytään seuraamaan kuukausittain, mutta päälämmönlähteenä käytettävän maalämmön tuotosta ei saada dataa kiinteistön käyttöön. Järjestelmän lämmöntuotosta kerätään dataa sen automaatio-osuuden toteuttaneen yrityksen haltuun, mutta kiinteistön huoltohenkilökunnalla ei ole tähän pääsyä. Ainoat saatavat tiedot maalämpöjärjestelmän osalta ovat sen kuluttama sähköenergia, sekä viimeisen kahden tunnin tuotto, joka näkyy kohteen VAK:ssa.

Maalämpökohteessa olisi ensisijaisen tärkeää, että lämpöpumppujen tuottoa pystytään seuraamaan reaaliaikaisesti, sekä takautuvasti. Varsinkin tässä kohteessa, jossa lämmitys on toteutettu useampaa lämpöpumppuyksikköä hyödyntäen, olisi seuranta

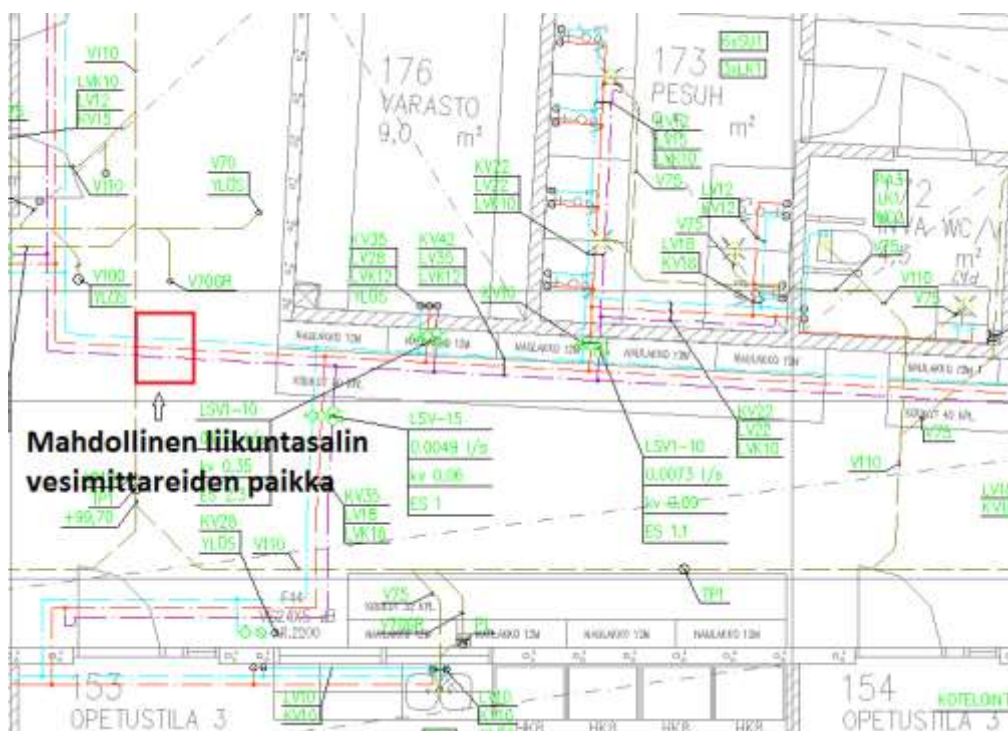
toivottavaa. Tuotosta saatavan datan avulla nähdään helposti, jos joku yksiköistä toimii muita huonommalla hyötysuhteella tai tuotolla. Huonon hyötysuhteen tai tuoton takana saattaa olla pumpun toimintaan liittyviä häiriöitä, joista ei tule hälytystä VAK:een. Jo yksikin epäideaalisesti toimiva yksikkö vähentää koko järjestelmän hyötysuhdetta.

Tämänkaltaisten kohteiden toteutuksissa tulisi urakoitsijoilta vaatia kaikkea mahdollista kiinteistön toimintaan vaikuttavaa dataa sen huoltohenkilöstön käyttöön veloituksetta vähintään kahden ensimmäisen toimintavuoden ajalta. Usein automaation toteuttaneet yritykset toteuttavat kyllä tiedonkeruumahdollisuuden, mutta kuten tässäkin tapauksessa keräävät tiedon omiin arkistoihinsa. Tieto on kyllä saatavilla yrityksen arkistoista, mutta lähes poikkeuksetta siitä pitää erikseen maksaa. Maksullisuuden vuoksi tunti- tai kuukausitason seurantadata päättyy harvoin kiinteistöjen päivittäiseen käyttöön.

Maalämpöjärjestelmän toimivuudesta olisi hyvä kerätä tietoa myös muita vastaavien kohteiden toteutuksia varten. Pirkanmaan alueella käytetään maalämpöä suhteellisen vähän koulurakennusten lämmönlähteenä. Kerätty tieto järjestelmän toimivuudesta, tai toimimattomuudesta olisi arvokasta uusien palvelurakennusten lämmitysmuotoa mietittäessä.

Vedenkulutus kohteessa on noin 25 % keskivertoa matalampi. Koska koulu on keskittynyt opetuksessa kestäväan kehitykseen, sekä ympäristötietouteen, voisi kulutus olla vielä nykyistä vähäisempi. Ongelmana vedenkulutuksen vähentämiseen on kuitenkin koulun yhteydessä oleva liikuntasali, joka on myös vuokratyössä. Liikuntasalin vuokraajat käyttävät vuorojensa aikana suihku-, sekä juomavettä, joiden osuutta ei ole erikseen mitattu kokonaiskulutuksesta.

Vuokratyössä olevan salin tiloihin olisi hyvä lisätä sopivalle paikalle vedenmittauspiste. Yksi esimerkkipaikka vedenmittaukselle on esitetty kuvassa 3, paikka kuitenkin edellyttää, että kulutusta pystytään seuraamaan tuntitasolla, jolloin kulutuksesta nähdään koulun normaalikäytön ulkopuolinen arvo. Tuntiseurannan mahdollistaminen riippuu nykyisen käytössä olevan kiinteistöautomaatiikan joustavuudesta ja mittauspisteiden riittävydestä.



KUVA 3. Mahdollinen liikuntasalin vesimittareiden sijoituspaikka

Salin vedenkulutuksesta saatu tieto voisi olla näkyvillä salin vuokrakäyttäjille yhdessä tiedotteen kanssa, jossa muistutetaan käyttäjiä koulun ympäristöpainotteisista arvoista. Oppilaille voisi olla näkyvillä koulun ilmoitustauluilla nykyinen ja edellisen vuoden kokonaisvedenkulutus kuukausitasolla, sekä jonkinlainen säästötavoite. Kun kulutuksia pääsee konkreettisesti seuraamaan, kuluttajien on helpompi muuttaa omia käyttötottumuksiaan.

Kokonaisuudessaan tämän kohteen energiatehokkuuden kannalta olisi ensisijaisen tärkeää varmistaa lämmitysjärjestelmän ideaalinen toimivuus. Vedenkulutuksen vähentäminen tulee vasta toissijaisena.

7.5 Kohde 5: Koivurinteen päiväkoti ja koulu

Koivurinteen päiväkodin ja koulun lämmitysenergian kulutuksissa on huomattavissa selvää hajontaa. Maalis- ja lokakuun osalta kulutuksissa näkyy selkeät piikit, myös marraskuun kulutus on suhteessa joulukuun kulutukseen melko suuri. Kokonaisuudessaan lämmitysenergian kulutus rakennuksessa on noin 2 % suurempi kuin Motivan keskiarvo.

Maalis-, loka- ja marraskuun suuremmat lämmitysenergian kulutukset johtuvat ainakin osittain kyseisten kuukausien suuremmasta vedenkulutuksesta. Koska kohteesta ei ollut saatavilla tietoa lämpimän veden kulutuksesta, on sen arvioitu olevan 30 % kokonaisvedenkulutuksesta, jolloin suurempi kokonaisvedenkulutus tarkoittaa suurempaa lämmitysenergian kulutusta.

Todennäköinen syy koko vuoden suureen kulutukseen on rakennuksen valmistumisvuosi suhteessa tämän työn tarkasteluvuoteen. Yleisesti rakennusten ilmanvaihto pidetään ensimmäisen toimintavuoden aikana normaalia käyttöä suuremmalla teholla, jolloin saadaan rakennusmateriaaleista huoneilmaan emissioituvat epäpuhtaudet tuuletettua pois tehokkaasti. Koska rakennus on valmistunut vuonna 2014, on todennäköistä, että sen ilmanvaihto on ollut tarkasteluvuonna 2015 tehostetussa käytössä. Kun ilmanvaihtoa käytetään suuremmalla teholla, se myös vaatii enemmän lämmitysenergiaa, jotta tuloilman lämpötila saataisiin pidettyä halutussa arvossa.

Rakennuksen kouluosassa apulämmönlähteenä käytettävän pelletin lämmitysenergian tuotosta ei ollut saatavilla selkeää tietoa. Tuottoa olisi hyvä seurata ja tutkia, voisiko pellettilämmitystä hyödyntää enemmänkin lämmityksessä ja onko sen käyttö rakennuksessa ideaalista.

Vedenkulutus rakennuksessa on erittäin vaihtelevaa, heinäkuussa päiväkotikiinteistö on ollut selvästi suljettuna loma-aikojen vuoksi, sillä kulutus on ollut hyvin vähäistä. Syy vaihtelevaan kulutukseen löytyy todennäköisesti vedenmittauksen epätarkkuudesta. Huoltomies lukee kohteessa kerran kuukaudessa vesimittarin arvon ja kirjaa sen käsin kiinteistön automaatio-ohjelmaan. Kirjattujen tuloksien mittausväli ei aina ole koko kuukautta, vaan kirjauspäivä saattaa venyä muutaman päivän seuraavan kuukauden puolelle sen mukaan, miten huoltomies ehtii kiinteistössä vierailla. Kiinteistön automaation, sekä käytössä olevan toiminnanohjausjärjestelmän välillä on ollut tiedonsiirtokatkoksia, jolloin kulutukset eivät ole kirjautuneet oikein ja niitä on jouduttu syöttämään jälkikäteen käsin toiminnanohjausjärjestelmään.

Vedenkulutuksen paremman seurannan kannalta olisi hyvä, jos rakennuksen vedenmittaus saataisiin liitettyä suoraan kiinteistön automaatiikkaan. Automaatiikan avulla vedenkulutusta voitaisiin seurata pienemmällä aikavälillä, kuukauden sijasta

kulutus nähtäisiin päivittäin, tai tunneittain. Automaattisesti kirjatutuvat kulutustiedot myös säästäisivät huoltomiehen aikaa.

7.6 Kohde 6: Puropuiston päiväkot

Puropuiston päiväkodin lämpöenergian kulutus oli kaikista tarkasteltavista kohteista suurin suhteessa Motivan arvoon. Kokonaislämpöenergian kulutus oli lähes 13 % suurempi kuin vastaavien tarkastelukohteiden. Lämmitysenergian, sekä konduktanssin kuvioissa (kuvio 20 ja kuvio 23) ei ole havaittavissa selkeitä poikkeuksia.

Lämmitysenergian kulutus on suhteessa vertailurakennuksiin suuri, koska päiväkot on toiminnassa ympäri vuorokauden. Verrattuna muihin päiväkoteihin Puropuistossa ylläpidetään oleskelulämpötilaa ja ilmanvaihtoa jatkuvasti normaalikäytön arvoissa. Usein, jos rakennuksessa ei ole käyttöä yöaikaan, lämpötilaa voidaan laskea asetusarvosta muutaman asteen ja ilmanvaihto voidaan asettaa pienemmälle teholle, jolloin lämmitysenergian kulutus laskee.

Ympäri vuorokauden käytössä oleviin päiväkoteihin olisi hyvä toteuttaa tarpeenmukainen ilmanvaihto. Ilta- ja yöaikaan kun rakennuksessa on käyttäjiä vähemmän verrattuna päiväaikaan ilmamäärät säätyisivät pienemmiksi. Ilmamääriä voidaan ohjata muun muassa huoneiden hiilidioksidimäärän mukaan. Tarpeenmukainen ilmanvaihto laskisi lämmitysenergian kulutusta, sillä silloin ei turhaan lämmitettäisi tuloilmaa huoneisiin, jotka eivät ole käytössä.

Puropuiston vedenmittauksessa on samankaltaisia ongelmia, kuin edellä esitetystä Koivurinteen päiväkodissa. Mittaustiheyden merkitys korostuu enemmän Puropuistossa, kun yhdessä mittausvälissä saattaa olla mukana useampi kuukausi. Mitattuja vedenkulutuksen arvoja ei kirjata mihinkään kiinteistön järjestelmiin vaan huoltomies syöttää tarkastamansa lukemat suoraan vesilaitoksen kulutusseurantaan.

Kuten Koivurinteen, myös Puropuiston päiväkodissa olisi hyvä kytkeä vedenkulutuksen seuranta kiinteistön automatiikkaan. Toimivalla kulutusseurannalla olisi helppo löytää kulutuspoikkeamat normaalikäytöstä, tai syitä äkillisesti kasvaneeseen kulutukseen, joita saattavat olla vesikalusteiden huonontunut kunto, tai putkirikko.

8 POHDINTA

Pirkanmaan alueella tutkituissa kohteissa lämmitysenergiankulutukset olivat hyvällä tasolla verrattaessa Motivan arvoihin. Yli vertailuarvojen olevista kohteista löytyi selkeät syyt suurempiin kulutuksiin. Motivan vertailuarvot on kuitenkin kerätty kohteista ennen niihin tehtyjä energiansäästötoimenpiteitä, jolloin mielestäni tarkasteltujen uudisrakennusten ja peruskorjattujen kohteiden kulutukset tulisi olla vielä selkeämmin alle vertailuarvojen.

Tarkasteltujen kohteiden yksi merkittävä lämmitysenergiankuluttaja on koneellinen ilmanvaihto, joka tekee eroa työn tarkastelukohteiden ja Motivan kohteiden välille. Useat Motivan tarkastelukohteet on toteutettu painovoimaisella ilmanvaihdolla, joka kuluttaa suhteessa koneelliseen ilmanvaihtoon vähemmän lämmitysenergiaa. Koska koneellinen ilmanvaihto on nykyisten energiamääräysten mukaisesti toteutetuissa uudisrakennuksissa käytännössä välttämättömyys, tulisi ilmanvaihdon lämmöntalteenottoon, tarpeenmukaisuuteen, sekä yleiseen toimivuuteen kiinnittää rakennuksissa erityistä huomiota.

Palvelurakennusten lämmitysjärjestelmiä mietittäessä tulisi ottaa yhä enemmän huomioon uusiutuvien energialähteiden käyttö. Tiukentuneiden energiamääräysten taustalla on halu vähentää hiilidioksidipäästöjä ja uusiutuvat energialähteet olisivat tähän oivallinen tapa. Varsinkin päiväkodeissa, joissa usein käytetään vesikiertoista lattialämmitystä ja tontille on varattu tilaa lasten ulkoilualueelle olisi ihanteelliset olosuhteet maalämmön toteuttamiselle. Usein kallistutaan lämmitysjärjestelmissä suoraan kaukolämpöön, ilman suurempaa lämmitystapakartoitusta, osittain sen helppouden ja edullisuuden vuoksi.

Valittaessa lämmitysvaihtoehdoksi uusiutuva energianlähde on ensisijaisen tärkeää, että järjestelmä saadaan toimimaan halutulla tavalla ja toimintaa voidaan seurata. Toiminnasta saatavat tiedot voivat vauhdittaa ja helpottaa kyseisten lämmitysjärjestelmien valintaa uusiin kohteisiin.

Palvelurakennusten kulutustietojen keruuseen tulisi panostaa nykyistä enemmän. Varsinkin vedenkulutus olisi hyvä kytkeä kaikissa kohteissa niin lämpimän-, kuin kokonaisvedenkulutuksen osalta kiinteistön automatiikkaan. Nykyiset määräykset eivät

vielä rajoita kokonaisvedenkulutusta rakennuksissa, mutta jatkuvasti heikkenevä maapallon ympäristötilanne saattaa asettaa rajoituksia myös tähän tulevaisuudessa. Koska tekniikka mittauksien toteutukseen on olemassa, olisi sitä helppo hyödyntää rakennuksissa.

Tarkasteltujen kohteiden todellisen kulutus seurannan tilannetta olisi hyvä tutkia laajemmin. Työhön saatujen tietojen mukaan monissa kunnissa kulutus seuranta toteutuu hyvin ja esiintyviin poikkeuksiin puututaan nopeasti. Todellisuudessa kuitenkin tarkastelukohteissa oli puutteita kulutus seurannan suhteen, vaikka se muuten kunnassa toimisi. Käytössä oleva toimiva tekniikka tulisi saada kuntien kaikkien rakennusten käyttöön.

Kulutus seurannasta saatuja tietoja olisi hyvä saada enemmän myös huoltohenkilökunnan käyttöön. Osassa tarkastelukohteita kulutus seuranta toteutetaan ylemmän tahon toimesta, josta viesti kulkeutuu pahimmassa tapauksessa kuukauden viiveellä eteenpäin rakennuksen huoltohenkilökunnalle. Jos kaikki rakennuksen kulutus data kerättäisiin reaaliajassa paikkaan, johon huoltohenkilökunnalla olisi pääsy, voisivat he välittömästi reagoida havaitsemiinsa poikkeamiin kulutuksissa.

Kokonaaisuudessaan palvelurakennusten toteutus lähes nollaenergiarakennuksina tulee olemaan todella haasteellista. Vaikka rakennusten tekniset ratkaisut olisivat toteutusvaiheessa parhaita mahdollisia, on rakennusten käyttäjien, sekä huoltohenkilökunnan toiminnoilla merkittävä vaikutus rakennusten kokonaiskulutuksiin. Uusia rakennuksia suunniteltaessa tulisi jokaisessa vaiheessa ottaa huomioon tuleva käyttäjäkunta. Tekniset ratkaisut tulisi valita niin, että ne ovat helppokäyttöisiä ja sopivia juuri kyseisen rakennuksen käyttäjille. Myös käyttäjien kunnollisen perehdytyksen merkitys lämmitysenergian ja käyttöveden kulutuksiin kasvaa, sillä käyttäjät voivat tietämättään vaikuttaa rakennuksen toimintaan ja siitä edelleen sen kulutuksiin negatiivisesti.

Lähes nollaenergiarakentamista lähestyttäessä ollaan menossa oikean suuntaa, mutta mielestäni ei vielä riittävästi. Uuden EPBD-energiatehokkuusdirektiivin voimaantulomiseen on aikaa työn toteutushetkellä vajaa kolme vuotta. Jäljellä oleva aika on lyhyt, kun uusien energiatehokkaampien teknisten ratkaisujen kehittämisen lisäksi tulisi muuttaa ihmisten käyttötottumuksia.

LÄHTEET

Koukkuniemi. 2016. Haastattelu 18.2.2016. Haastattelijat Kortetmäki, A. & Virta, S. Litteroitu. Koukkuniemen vanhainkoti. Tampere.

Laitinen, J. 2010. Pieni suuri energiakirja. Opas energiatehokkaaseen asumiseen. Helsinki: Into Kustannus Oy.

LVI 01-10364. 2013. ENERGIAKATSELMUS. Palvelusektori, teollisuus ja energia-ala. Ohjetiedosto.

LVI 02-40078. 2010. ENERGIATEHOKKUUS RAKENTAMISESSA. Ohjetiedosto.

Luhtaan päiväkotitapre-toimivuustarkastelun pilotointi. 2014. AX-Suunnittelu & Axovaatio Oy. Raportti 1.9.2014. Tampere.

Moss, K. 2006. Energy management in buildings. 2. painos. London : Taylor & Francis

Motiva Oy. 2002-2004. Energiakatselmoijan käsikirja. Julkaistu osissa. Motiva Oy. Suomi.

Motiva Oy. 2016. Motiva Oy:n nettisivut. Luettu 2016. <http://www.motiva.fi/>

Puopuisto. 2016. Haastattelu 11.2.2016. Haastattelijat Kortetmäki, A. & Virta, S. Litteroitu. Puopuiston päiväkotit. Nokia.

Pylsy, P. 2014. Uudet energiatehokkuusmääräykset korjausrakentamisessa – opas taloyhtiölle. 1. painos. Pärnu: Meedia Zone Oü.

RakMk D3. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta. Helsinki: Ympäristöministeriö.

RakMk D5. 2012 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriön ohjeet rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskennasta. Helsinki: Ympäristöministeriö.

Seppänen, O. 2001. Rakennusten lämmitys. 2. painos. Jyväskylä: Suomen LVI-liitto ry.

Sitra. 2010. Rakennetun ympäristön energiankäyttö ja kasvihuonekaasupäättöt. Selvitys. Helsinki: Sitra.

Toivio. 2016. Haastattelu 9.2.2016. Haastattelijat Kortetmäki, A. & Virta, S. Litteroitu. Toivion koulu. Pirkkala.

Virta J. & Pylsy, P. 2011. Taloyhtiön energiakirja. 1. painos. Tallinna: AS Printall.

Vuorinen, A. 2013. Energiankäyttäjän käsikirja 2013. 2. painos. Espoo : Ekoenergo.

Valtioneuvoston periaatepäätös energiatehokkuustoimenpiteistä 4.2.2010.

LIITTEET

Liite 1. Lämpöenergian vuosittaisia rakennustyyppikohtaisia ominaiskulutuksia (kWh/r-m³) raportoidussa palvelusektorin rakennuskannassa

LÄMPÖ

Kohteet vuosilta 2009-2014, 1331 kohdetta

Tyyppi	Kohteita	Tilavuus	Lämpö - ominaiskulutus (kWh/r-m³)																
			Ennen energiakatselmusta																
			1000 r-m³	Min	5 %	10 %	Alakv	Med	Yläkv	Max									
TK 1994	kpl																		
11 Myymälärakennukset (poislukien Liike- ja tavaratalot, kauppakeskukset)	20	1 208	3,6	5,9	6,5	9,0	14,3	37,9	71,1	62,9	78,6								
	49	4 323	2,1	6,0	10,2	12,5	17,0	26,7	43,1	45,0	66,2								
	112 Liike- ja tavaratalot, kauppakeskukset	53	1 933	9,3	31,8	36,1	43,4	52,3	64,1	81,1	122,3	252,0							
		7	101	47,4	47,9	48,4	51,4	58,6	63,2	66,0	67,2	68,5							
	13 Asuntolarakennukset	6	43	28,7	34,2	39,6	51,1	70,8	95,1	100,4	102,1	103,7							
		173	5 838	8,8	17,4	20,0	25,7	34,2	46,4	69,5	83,3	271,2							
	15 Toimistorakennukset (kaikki)	62	771	8,8	22,3	26,9	35,0	46,3	64,5	85,9	100,9	209,9							
		102	4 165	9,5	16,0	19,0	23,4	29,4	38,6	46,8	51,5	271,2							
	15 Toimistorakennukset, yksityinen palvelusektori	14	207	3,4	5,6	12,5	29,0	44,0	53,8	66,9	81,7	104,6							
		37	2 186	40,8	46,9	50,0	57,2	68,5	83,9	144,3	162,5	285,6							
	214 ja 219 Terveyskeskukset ja -asemat	48	643	11,7	26,2	33,2	40,6	53,2	64,0	79,6	97,2	109,1							
		21	117	36,3	38,6	41,2	48,6	64,8	77,8	102,6	115,6	121,0							
	22 Huoltolaitosrakennukset (pois lukien Vanhainkodit)	33	430	28,3	34,3	37,0	47,0	57,5	72,2	84,4	87,5	91,6							
		19	85	33,1	39,5	40,8	42,7	61,5	75,9	86,6	117,2	165,5							
	23 Muut sosiaalitoimen rakennukset (pois lukien Päiväkodit)	216	788	10,9	33,8	36,8	45,8	58,5	72,4	89,1	100,1	159,5							
		7	231	15,8	17,4	19,0	22,0	28,9	59,6	87,9	99,6	111,3							
	31 Teatteri- ja konserttirakennukset	28	330	18,9	19,3	22,0	28,9	33,1	40,9	47,3	54,8	65,9							
		24	133	26,7	33,8	36,1	39,9	49,2	64,8	75,1	75,9	84,0							
	32 Kirjasto-, museo-, ja näyttelyhallirakennukset	9	76	37,5	38,5	39,5	40,6	44,6	47,0	61,8	82,6	103,5							
		30	630	2,9	13,3	16,1	22,1	37,6	61,0	81,3	91,5	104,1							
	33 Seura- ja kerhorakennukset	6	333	13,0	13,6	14,2	16,5	20,9	24,8	27,3	28,1	28,9							
11		208	91,2	94,4	97,6	102,6	113,8	145,8	146,7	168,7	190,7								
34 Uskonnon yhteisöjen rakennukset	7	81	28,5	30,4	32,3	51,8	75,0	93,2	96,6	96,9	97,1								
	253	4 497	7,5	26,0	30,6	36,3	45,2	57,3	71,8	83,1	297,6								
35 Urheilu- ja kuntolaitosrakennukset (pois lukien Jää- ja uimahallit)	40	1 451	19,3	20,4	22,2	29,5	36,1	43,2	55,3	59,7	127,2								
	5	145	18,3	21,8	25,3	35,8	38,9	56,1	61,6	63,4	65,2								
351 Jäähallit	12	78	27,5	34,9	41,2	44,9	49,0	54,7	59,8	68,4	145,3								
	19	2 471	5,4	6,2	7,4	12,6	16,6	36,2	49,3	50,9	61,3								
352 Uimahallit	20	226	19,8	24,2	28,3	35,0	46,4	56,4	68,0	68,7	73,4								
	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd								
353 Muut maatalousrakennukset	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd								
	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd								

nd = ei dataa, energiakatselmuskohteita tässä rakennustyyppissä tarkastelukaudella kolme tai alle

Liite 2. Vedenkulutuksen vuosittaisia rakennustyyppikohtaisia ominaiskulutuksia ($\text{dm}^3/\text{r-m}^3$) raportoidussa palvelusektorin rakennuskannassa

VESI

Kohteet vuosilta 2009–2014, 1331 kohdetta

Tyyppi	Kohteita kpl	Tilavuus 1000 r-m ³	Vesi - ominaiskulutus ($\text{dm}^3/\text{r-m}^3$)									
			Ennen energiakatselmusta									
			Min	5 %	10 %	Alakv	Med	Ylakv	90 %	95 %	Max	
TK 1994			3	8	9	12	17	59	136	197	216	
11 Myymälä rakennukset (poislukien Liike- ja tavaratalot, kauppakeskukset)	20	1 208										
112 Liike- ja tavaratalot, kauppakeskukset	49	4 323	5	8	11	22	42	81	131	195	334	
12 Majoitusliikkeen rakennukset	53	1 933	19	77	139	221	289	387	483	610	1 031	
13 Asuntolarakennukset	7	101	83	91	100	129	241	262	272	273	273	
14 Ravintolat	6	43	161	199	237	315	322	559	659	670	681	
15 Toimistorakennukset (kaikki)	173	5 838	12	21	26	37	58	80	160	209	441	
15 Toimistorakennukset, julkinen palvelusektori	62	771	14	21	26	36	72	107	186	277	441	
15 Toimistorakennukset, yksityinen palvelusektori	102	4 165	12	21	28	38	57	70	117	183	426	
16 Liikenteen rakennukset	14	207	1	4	12	42	59	132	172	190	219	
21 Terveystieteiden rakennukset (pois lukien Terveyskeskukset ja -asemat)	37	2 186	31	92	118	190	296	328	360	440	495	
214 ja 219 Terveyskeskukset ja -asemat	48	643	28	41	50	99	149	227	328	365	434	
22 Huoltolaitosrakennukset (pois lukien Vanhainkodit)	21	117	47	47	89	129	206	331	472	509	808	
221 Vanhainkodit	33	430	37	69	139	218	279	368	446	498	636	
23 Muut sosiaalitoimen rakennukset (pois lukien Päiväkodit)	19	85	31	34	38	79	151	231	310	340	458	
231 Päiväkodit	216	788	18	98	114	169	218	271	317	364	612	
31 Teatteri- ja konserttirakennukset	7	231	16	19	22	29	35	58	79	84	89	
32 Kirjasto-, museo-, ja näyttelyhallirakennukset	28	330	1	6	13	24	40	54	77	107	557	
33 Seura- ja kerhorakennukset	24	133	23	25	27	36	78	107	198	344	745	
34 Uskonnon yhteisöjen rakennukset	9	76	12	20	29	41	55	87	156	236	315	
35 Urheilu- ja kuntolaitosrakennukset (pois lukien Jää- ja uimahallit)	30	630	1	10	17	28	51	214	523	685	1 466	
351 Jäähallit	6	333	24	32	41	67	101	114	166	191	215	
352 Uimahallit	11	208	931	953	975	992	1 108	1 189	1 697	1 758	1 819	
36 Muut kokoustilaisuuksien rakennukset	7	81	10	20	30	44	148	238	326	389	453	
51 Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset	253	4 497	12	35	42	54	70	96	126	153	431	
52 Ammatillisten oppilaitosten rakennukset	40	1 451	7	24	33	51	61	77	88	121	158	
53 Korkeakoulu- ja tutkimuslaitosrakennukset	5	145	36	38	39	44	59	90	99	102	105	
54 Muut opetusrakennukset	12	78	37	40	42	43	46	77	108	121	132	
71 Varastorakennukset	19	2 471	3	4	7	9	22	52	148	353	498	
72 Palo- ja pelastustoimen rakennukset	20	226	8	20	35	46	73	98	127	151	182	
89 Muut maatalousrakennukset	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	
93 Muut rakennukset	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	

nd = ei dataa, energiakatselmuskohteita tässä rakennustyyppissä tarkastelukaudella kolme tai alle